

WELTRAUM

Fahrt

BEITRÄGE ZUR WELTRAUMFORSCHUNG UND ASTRONAUTIK

HEFT **4** OKTOBER 1953
FRANKFURT AM MAIN



Astronautik

Die „Neue Zürcher Zeitung“ bringt in ihrer Beilage „Technik“ vom 2. September 1953 neben Auszügen der auf dem 4. Internationalen Astronautischen Kongreß gehaltenen Referate einen bemerkenswerten Beitrag von Prof. Dr. J. Ackeret (Professor für Aerodynamik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich), aus dem wir die folgenden Abschnitte entnehmen:

„257 Franken war der bescheidene Beitrag, den die Schweiz zu dem amerikanischen Werke beisteuerte. Hierbei muß man offen sagen, daß die Schweiz dem Vorhaben keine praktische Seite abgewinnen konnte. Wie es ihr vorkommen wollte, drehte sich die Sache einzig und allein darum, eine Kugel auf den Mond zu senden; das erschien ihr aber nicht dazu geeignet, mit dem Gestirn der Nächte in geschäftliche Beziehungen zu gelangen. Zujolgedessen hielt sie es für ziemlich unklug, ihre Kapitalien in eine Unternehmung anzulegen, die, doch als sehr gewagt gelten müsse. Alles in allem genommen hatte die Schweiz vielleicht nicht unrecht.“ Dies schrieb Jules Verne 1865 im Roman „Von der Erde zum Mond“ hinsichtlich einer internationalen Sammlung für die Vorbereitungen zu einer Mondreise. Er scheint die nüchternen Schweizer recht gut gekannt zu haben. Auch heute ist es noch so, daß man Raumfahrtspläne hierzulande mit einer sehr erheblichen Skepsis betrachtet.

Wozu will man überhaupt Raumfahrten unternehmen? In erster Linie aus dem gleichen Grunde, aus dem man Kernphysik oder Astronomie betreibt, Altersbestimmungen an Mineralien vornimmt oder auch nur Käfer sammelt. Man will lernen, und man will wissen. Gewöhnlich schließt sich jedem neuen Wissen bald die praktische Nutzanwendung an; freilich sind auch Mißbräuche denkbar. Soll man aber aus Furcht vor möglichem Mißbrauch auf neues Wissen verzichten?

Sind wir denn schon so weit, daß Raumfahrzeuge ernstlich in Betracht gezogen werden können? Da ist zu sagen, daß es unbemannte, zum Teil Versuchstiere tragende Raumschiffe in Form größerer Raketen schon seit mehreren Jahren gibt. Sie können den leeren Raum erreichen und einige Zeit dort (in Bewegung) verweilen. Der eigentümliche Zustand der Schwerelosigkeit ist an Kleintieren schon untersucht worden; sie kamen ohne Schaden zur Erde zurück. Ebenso hat man recht interessante Daten der Sonnen- und Höhenstrahlung gewonnen. Es ist nicht zu bezweifeln, daß die Raketentechnik rasch voranschreiten und damit diese Art Raumfahrt mehr und mehr in Anwendung kommen wird.

Freilich, mit „Raumfahrt“ meint man meistens etwas Weitergreifendes: bemannte Raumschiffe sollen zu Mond und Planeten vordringen und man erinnert sich an die zahlreiche Literatur, die mit mehr oder weniger Geschick und Phantasie solche Entdeckungsreisen beschreibt.

Hier ist nun ein bemerkenswertes Stadium erreicht worden. Es hat den Anschein, daß man mit den bekannten, teilweise praktisch erprobten Mitteln große Raumschiffe bauen und damit die ersten „richtigen“ Raumreisen in Betracht ziehen kann. Der technische Aufwand und die Kosten würden zwar groß sein, aber irgendwie noch im Bereich des Realisierbaren liegen. Diese Ansicht wird heute besonders stark von W. von Braun vertreten, einem der Hauptbeteiligten an der Entwicklung der V-2-Kriegsrakete und einem Manne, der die Probleme der Forschung und Entwicklung im großen Stil gut kennt.

In dem Artikel folgt nun eine kritische Darstellung der

4. JAHRGANG WELTRAUMFAHRT

Organ der „Gesellschaft für Weltraumforschung e. V.“
Stuttgart, der „Österreichischen Gesellschaft für Weltraumforschung e. V.“ und des „Deutschen Raketen- und Raumfahrtmuseums e. V.“



Inhalt Heft 4, Oktober 1953

Dr. Günter Loeser †	97
Die Bahnbestimmung aus dem Vektor der Bahngeschwindigkeit und der Einfluß einer Änderung desselben auf die Bahnelemente	98
Von Prof. Dr. Karl Schütte	
Aus der Forschung	108
Über die Bedeutung der modernen, programmgesteuerten Großrechenmaschinen für die Weltraumforschung	110
Von Prof. Dr. Bruno Thüring	
Die Rechtsprobleme des Weltraumes	116
Von Welf Heinrich Prinz von Hannover	
Der 4. Internationale Astronautische Kongreß	122
Die 6. Jahreshauptversammlung der GfW	126
Bücher	128

Pläne für eine Weltraumstation, welche mit folgenden Sätzen schließt:

Sei dem wie dem wolle, es ist jedenfalls sehr anregend, von den weiteren Reiseplänen zu lesen. Reisen um den Mond, ja sogar auf den Mars und zurück zum Satelliten werden ernsthaft durchgerechnet, und es wird gezeigt, daß auch dafür noch Flüssigkeitsraketen ausreichen könnten bei freilich enormem Aufwand an Brennstoff und Geld. Die Perspektiven sind grandios, und man wird diese Gedankenflüge, die immerhin nach Maß und Zahl entworfen sind, bewundern, auch wenn man nicht ohne weiteres bereit ist, solch weitgehenden Extrapolationen volles Gewicht beizulegen.

Die Zahl der zu überwindenden Schwierigkeiten, von denen wir la nur wenige erwähnt haben, ist zweifellos groß. Das Tempo der Entwicklung von Raumschiff und Raumfahrt wird deshalb entscheidend davon abhängen, ob man ähnlich wie bei den Atomenergieanlagen von Anfang an die Arbeiten großzügig plant, die besten Leute heranzieht und sich durch kleinere oder auch größere Versager nicht aufhalten läßt. Dann kann es wohl sein, daß die kühnen Pläne der Astronauten noch vor Ende unseres Millenniums in Erfüllung gegen werden.

Verantwortliche Redaktion: Dipl.-Ing. Heinz Gartmann, Bad Soden (Taunus), Staufenstr. 6; H. Hermann Kölle, Stuttgart-Weilimdorf; Hans K. Kaiser, Sonthofen. — Verlag: UMSCHAU Frankfurt a. M., Stuttgarter Straße 20—22, Tel.: 3 01 01; Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 35. — Herstellung: Brönners Druckerei (Breidenstein), Frankfurt a. M. — Bezugspreis: Einzelheft DM 2,40, bei Lieferung ins Haus zuzüglich 6 Pf. Postgebühr je Heft; Jahresbezugspreis: 9,60 DM zuzüglich 24 Pf. Postgebühr. Für GfW-Mitglieder kostenlos. 1953 erscheinen 4 Hefte. Anzeigenpreis lt. Tarif. Nachdruck nur mit Genehmigung des Herausgebers.

DR. GÜNTER LOESER †

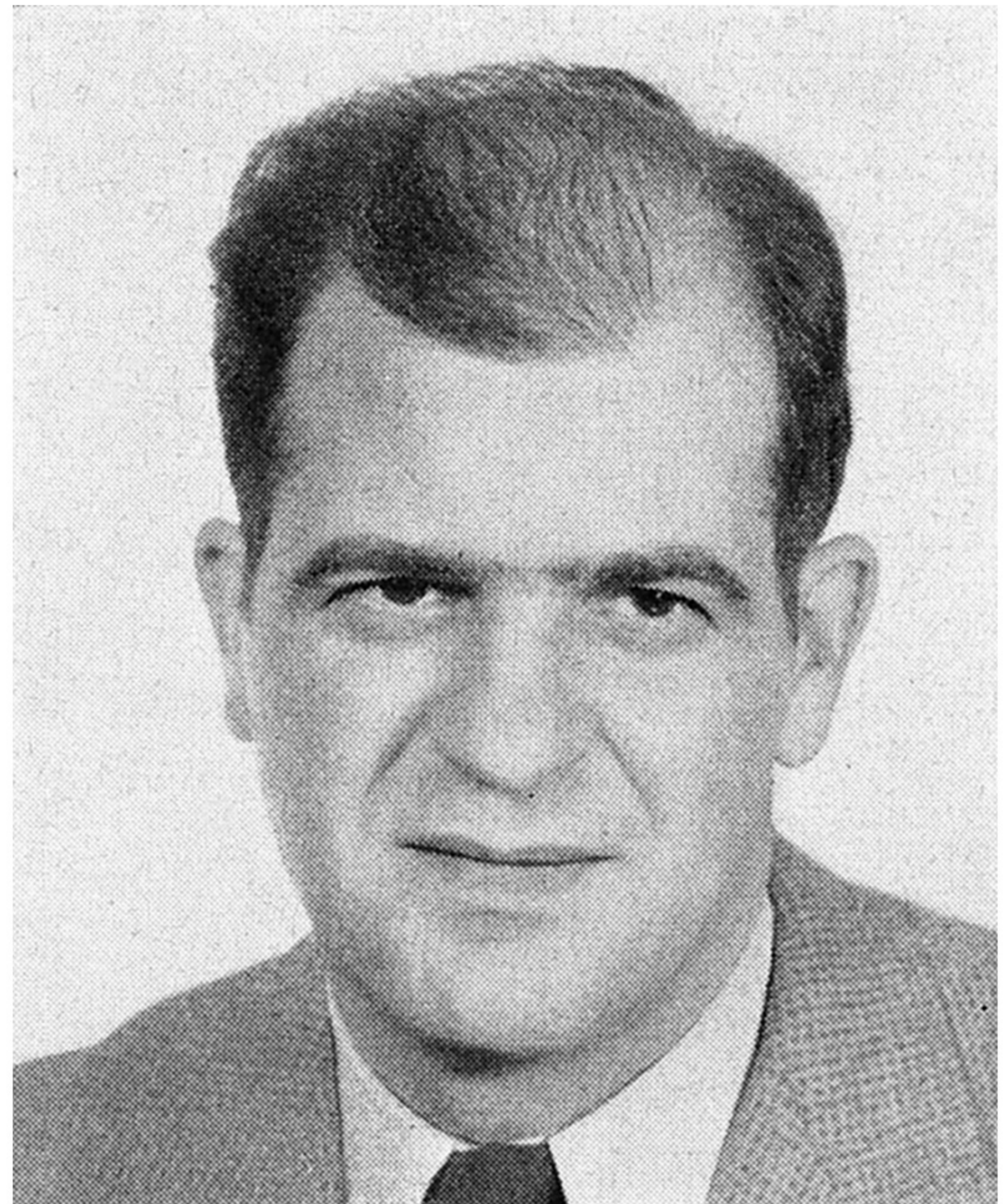
Noch immer stehen wir fassungslos vor der schicksalschweren Nachricht: Dr. *Günter Loeser*, unser Dr. *Loeser*, ist am 30. Juli 1953 bei der Erfüllung wissenschaftlicher Aufgaben unweit O'Neill in Nebraska einem Flugzeugunglück zum Opfer gefallen. Kurz vor der Landung, in hundert Meter Höhe, löste sich ein Rotorblatt des bei den Versuchen benutzten Hubschraubers. Das über drei Tonnen schwere Flugzeug stürzte wie ein Stein zu Boden, seine Insassen waren sofort tot.

Dr. *Loeser* war der „Gesellschaft für Weltraumforschung“ schon seit 1949 eng verbunden, entsprach es doch durchaus seinem aufgeschlossenen Charakter und lebhaften Geist, daß er sich den astronautischen Ideen besonders widmete. So wurde er bald zum aktivsten Förderer unserer Ziele. Er gründete unsere Zeitschrift und war nicht zuletzt einer der erfolgreichsten Mitarbeiter der „Internationalen Astronautischen Föderation“, die er 1950 in Paris mitbegründete, dann als Vizepräsident und später als Ehrenvizepräsident vertrat. Nach dem Studium der Geophysik, Meteorologie, Astronomie, Geologie, Physik und Mathematik promovierte Dr. *Loeser* 1937 in Frankfurt a. M. Während des Krieges war er Ballistiker bei der Forschungsstelle für aerologische Meßtechnik der Friedrich Krupp AG. Sein besonderes Interesse galt der Erforschung der hohen Atmosphäre. Zahlreiche Veröffentlichungen in Fachschriften und seine Mitarbeit am Meteorologischen Taschenbuch sind Zeugen seiner Arbeit auf vielen Gebieten. Um wieder auf seinem eigentlichen Arbeitsgebiet tätig sein zu können, folgte er 1951 einer Berufung an das Cambridge Research Center der amerikanischen Luftwaffe in den USA. Aber auch dann blieb er trotz der großen Entfernung seinen Freunden in Deutschland verbunden. Er blieb weiterhin führendes Mitglied unserer Gesellschaft. Nie hat ihn jemand vergeblich um Rat angesprochen.

Ein wirklich guter Freund ist von uns gegangen. Allzu früh hat der Tod ein volles, erfülltes Leben beschlossen. Wir danken Dr. *Loeser* für seine bedingungslose Hingabe und Mitarbeit. Sein Name verpflichtet uns, in seinem Sinne weiterzuarbeiten.

Der Vorstand der Gesellschaft
für Weltraumforschung e. V.

Karl Schütte



Die Redaktion der Weltraumfahrt

Heinz Gartmann

Die Bahnbestimmung aus dem Vektor der Bahngeschwindigkeit und der Einfluss einer Änderung desselben auf die Bahnelemente. *)

Von Karl Schütte, GfW, F.R.A.S.

§ 1. Einleitung

Unter den so ungeheuer zahlreichen Problemen, deren Lösung eine Verwirklichung der Weltraumfahrt erfordert, gibt es noch sehr viele ungelöste Gebiete und zahlreiche Fragen, deren Lösung aufs engste mit den technischen Fortschritten verknüpft ist. Dem steht eine wohl kleinere Gruppe von Aufgaben gegenüber, deren Lösungen von allen technischen Fortschritten unabhängig ist und die daher heute schon völlig durchgeführt werden können. Hierzu gehören ohne Zweifel alle Aufgaben aus dem Gebiete der Bahnbestimmung außerhalb der Atmosphäre.

Für einen sich frei nach den Keplerschen Gesetzen bewegendem Himmelskörper, also auch für eine im Weltraum laufende Rakete, bestimmt bekanntlich der Vektor der Bahngeschwindigkeit, d. h. die Größe und die Richtung der Geschwindigkeit in jedem Bahnpunkte eindeutig die Bahnelemente. Jegliche Änderung dieses Vektors wird also auch die Bahnelemente ändern.

Man ist vielleicht zunächst geneigt, das Problem als ein Störungsproblem aufzufassen, um damit die Änderungen der Bahnelemente auf die Differentialgleichungen des Mehrkörperproblems zurückzuführen und aus ihnen zu bestimmen. Dies gelingt aber ohne Schwierigkeiten nur, wenn es sich um ganz geringe Änderungen handelt. Die Anwendung auf eine Rakete, der vielleicht ein ganz neuer Impuls erteilt werden muß, sowie die Anwendung auf die Bahnbestimmung von Fixsternen, wo mit größeren Änderungen zu rechnen ist, läßt jedoch eine ganz andere Behandlung des Problems angebracht erscheinen. Dies ist im folgenden geschehen. Es genügt dabei völlig, vom Zweikörperproblem auszugehen und den Einfluß einer Änderung des Geschwindigkeitsvektors auf die Bahnelemente unmittelbar zu untersuchen. Dieser Vektor läßt sich in einen Skalar und einen Richtungswinkel zerlegen, so daß die Bahnelemente dann von diesen beiden unabhängigen Veränderlichen abhängen. Wenn wir uns auf das ebene Problem beschränken, sind somit die 3 in Frage kommenden Bahnelemente a (= große Halbachse), e (= numerische Exzentrizität) und v (= wahre Anomalie des jeweiligen Bahnpunktes) als Funktion dieser beiden Variablen darzustellen. Da für dies Problem keine Lösung bekannt zu sein scheint, wurde eine eigene Methode entwickelt.

Da bei astronomischen Bahnbestimmungen in der Regel Gleichungen höheren Grades auftreten, war auch hier damit zu rechnen, und die ersten Entwicklungen führten auch auf Gleichungen höheren Grades. Doch gelang es dann, als Hauptgleichung eine Gleichung 3. Grades für $\tan v$ zu gewinnen, von der 2 imaginäre Wurzeln abgetrennt werden konnten, so daß nur eine reelle Wurzel übrig blieb. Die Exzentrizität bestimmt sich, wenn v bekannt ist, aus einer gewöhnlichen algebraischen Gleichung 2. Grades.

Die Formeln, die teilweise allerdings erst nach langen Entwicklungen erhalten wurden, gestatten sowohl die Variation der Ausgangsbedingungen, als auch beliebige Änderungen in ihrer Auswirkung auf die Bahnelemente zu übersehen und streng zu berechnen. Das bedeutet in jedem Falle einen großen Vorteil gegenüber den Störungsgleichungen.

*) Forschungsbericht der GfW Nr. 13, zugleich erheblich erweiterte Wiedergabe eines Vortrages auf dem 4. IAF Kongress in Zürich, 2.—8. August 1953

Als Sonderfall wird noch die Kreisbahngeschwindigkeit, die nicht senkrecht auf dem radius vector steht, diskutiert. Sie führt zu einer Schar „monokonfokaler Ellipsen“, deren Hüllkurve ebenfalls gegeben wird. Solche Hüllkurven existieren auch für den allgemeinen Fall, doch wird im Rahmen dieser Arbeit zunächst darauf nicht weiter eingegangen.

Ein aus den Hauptgleichungen errechnetes Diagramm erlaubt es, für jeden beliebigen gegebenen Geschwindigkeitsvektor sofort die zugehörigen Bahnelemente e , v genähert abzulesen, sowie auch den Einfluß einer Änderung des Vektors unmittelbar zu erkennen.

Die Untersuchung hat nicht nur für die Bahnbestimmung von Raketen außerhalb der Atmosphäre Bedeutung, sondern sie ist auch notwendig für die Diskussion der Genauigkeit von Fixsternbahnbestimmungen¹⁾, die vom Verfasser in letzter Zeit in größerem Umfange ausgeführt worden sind.

§ 2. Grundgleichungen und Einführung einer neuen Veränderlichen

Wenn wir mit der Untersuchung des Verlaufes der Größe der Geschwindigkeit in einer elliptischen Bewegung im Zweikörperproblem beginnen, stehen 2 Hauptformeln zur Verfügung. Die erste ist das Energieintegral:

$$V^2 = K^2 \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right) \quad (1)$$

wo V die Größe der Bahngeschwindigkeit, r den radius vector und a die große Halbachse bedeuten. K^2 ist mit den beiden Massen 1 und m und der Gravitationskonstanten k^2 verbunden durch die Beziehung:

$$K^2 = k^2 (1 + m) \quad (2)$$

Ist die Größe der Geschwindigkeit in einem beliebigen Bahnpunkte gegeben, so folgt aus (1) der Wert der großen Halbachse:

$$a = \frac{r}{2 - \frac{V^2 \cdot r}{K^2}} \quad (3)$$

In demjenigen Bahnpunkte, dessen radius vector die Länge der großen Halbachse hat ($r = a$), wird die sogenannte „Kreisbahngeschwindigkeit“ erreicht. Nennen wir diese V_K , so ergibt sich hierfür nach (1) der Wert:

$$V_K^2 = \frac{K^2}{r} \quad (4)$$

Es ist also auch

$$K^2 = V_K^2 \cdot r \quad (4a)$$

Um nun in einer gegebenen Bahn die Geschwindigkeit berechnen zu können, ist die Kenntnis von r erforderlich. Hierfür dient als 2. Hauptformel die Polargleichung der Ellipse:

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos v} \quad (5)$$

wobei die numerische Exzentrizität e gegeben ist durch:

¹⁾ *K. Schütte*: Galaktozentrische Bahnelemente von 1026 Fixsternen in der nächsten Umgebung der Sonne:

Teil I: Ziel und Methode der Untersuchung

Teil II: Katalog der galaktozentrischen Bahnelemente

Teil III: Statistische Untersuchung der Verteilung der Bahnelemente in den verschiedenen Sterngruppen und für alle Sterne, sowie Aussonderung besonders interessanter Einzelsterne.

Sitzungsber. d. österr. Akademie der Wissenschaften, Mathem.-naturw. Klasse, Band 161 und 162, 1952 und 1953

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Die Bahnpunkte, in denen $r = a$ wird, sind bekanntlich die beiden Endpunkte der kleinen Achse der Ellipse. In diesen beiden Punkten gibt es nun selbstverständlich beliebig viele Bahnen, die hier die Kreisbahngeschwindigkeit besitzen. Alle diese Bahnen haben die gleiche große Achse, die ja durch V_K gegeben ist. Aber nur eine dieser Bahnen ist ein Kreis, nämlich dann, wenn der Vektor der Geschwindigkeit auf dem radius vector senkrecht steht. Alle andern Bahnen sind Ellipsen, deren Exzentrizitäten und Richtung ihrer Apsidenlinien von dem Winkel β zwischen Geschwindigkeitsvektor und radius vector abhängen. (Der Fall wird in § 6 näher betrachtet werden.)

Bei elliptischer Bewegung und gegebenen Massen kann die Bahngeschwindigkeit nun nicht beliebig sein; sie ist vielmehr engen Grenzen unterworfen. Wenn wir den Wert von K^2 aus (4) in die Gleichung (3) einführen, wird:

$$a = \frac{r}{2 - \frac{V^2}{V_K^2}} \quad (6)$$

Das heißt aber, die Größe der großen Achse hängt nur von der relativen Geschwindigkeit in bezug auf die im gleichen Bahnpunkte geltende Kreisbahngeschwindigkeit V_K ab. Es erweist sich daher als sehr zweckmäßig, besonders für die spätere numerische Auswertung, an Stelle der Geschwindigkeit V als neue unabhängige Variable die Größe f einzuführen, die gegeben ist durch:

$$f = \left(\frac{V}{V_K} \right)^2 \quad (7)$$

f ist also ein Skalar und mit V durch die Beziehung (7) verbunden; also ist:

$$V = V_K \cdot \sqrt{f} \quad (7a)$$

Die Gleichung (6) erhält nach Einführung von f die Form:

$$a = \frac{r}{2 - f} \quad (8)$$

Oder es ist:

$$f = 2 - \frac{r}{a} \quad (8a)$$

Wir sehen, daß f nicht kleiner als Null werden kann, da V immer positiv sein muß. f kann aber auch nicht größer als $+2$ werden, da sonst in Gleichung (8) a negativ werden müßte; d. h. die Bewegung würde dann hyperbolisch. In der elliptischen Bewegung ist also stets f den Grenzen

$$0 \leq f \leq +2 \quad (9)$$

unterworfen. Wichtige Fälle sind z. B.

$$\begin{aligned} a = r \text{ (Kreisbahn, oder auch Ellipsen)} & \quad f = +1, \quad V = V_K \\ a = \infty \text{ (Parabel)} & \quad f = +2, \quad V = V_K \cdot \sqrt{2} \end{aligned} \quad (10)$$

§ 3. Der Geschwindigkeitsverlauf in einer gegebenen Ellipse

In einer elliptischen Bahn wird die größte Geschwindigkeit bekanntlich im Perihel, die kleinste im Aphel erreicht. Die zugehörigen Geschwindigkeitswerte erhält man, wenn man für r die Werte der Perihel- und Apheldistanz:

$$q = a(1 - e); \quad q' = a(1 + e) \quad (11)$$

für den radius vector in die Gleichung (1) einsetzt. Bezeichnet man die Perihelgeschwindigkeit mit V_P , die Aphelgeschwindigkeit mit V_A , so erhält man hierfür die beiden bekannten Werte:

$$V_P = \frac{K}{\sqrt{a}} \cdot \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \quad (12)$$

und

$$V_A = \frac{K}{\sqrt{a}} \cdot \sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \quad (13)$$

Der Quotient beider ist bemerkenswerterweise von a und K unabhängig.

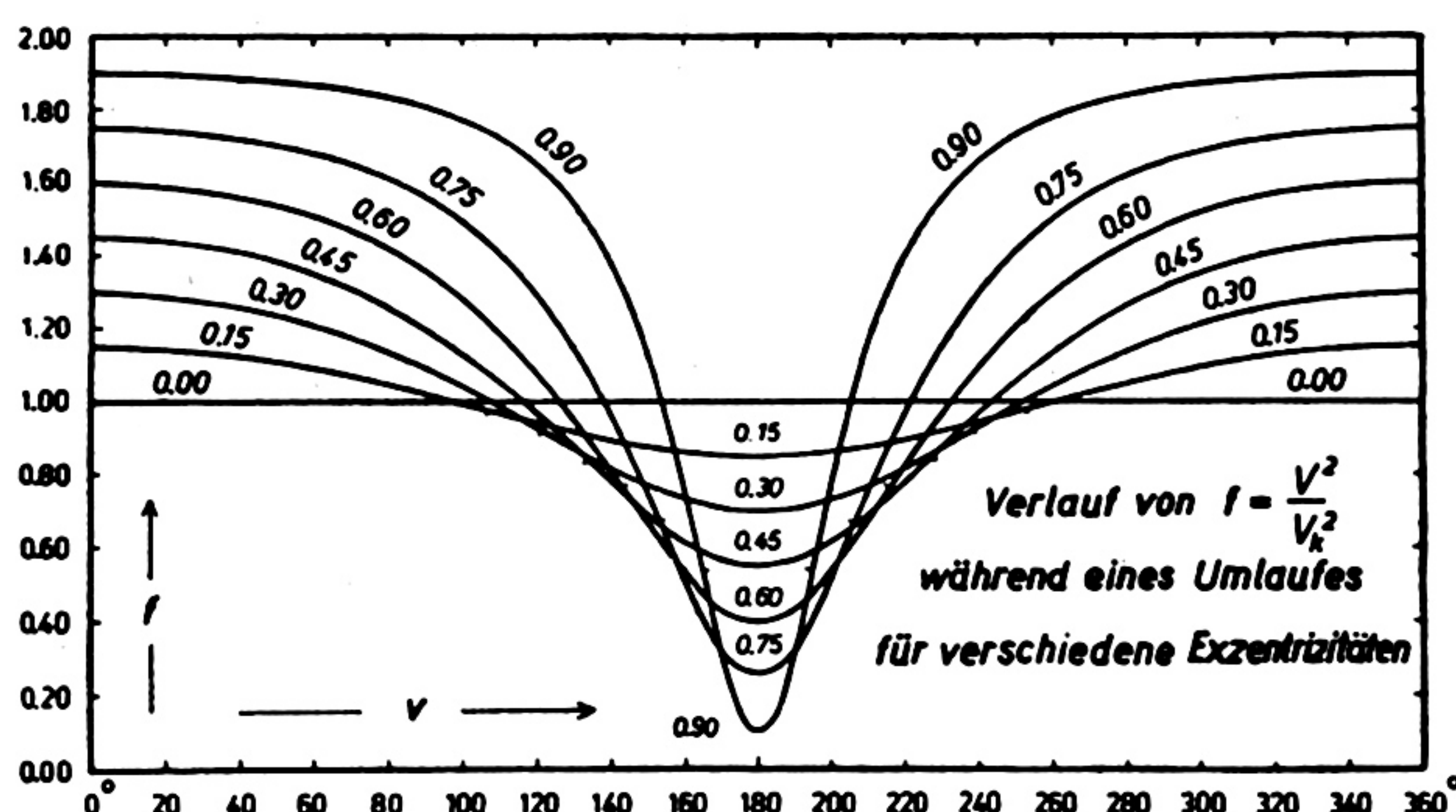
$$\frac{V_P}{V_A} = \frac{1+e}{1-e} \quad (14)$$

Wenn wir nun den für r/a aus der Polargleichung (5) folgenden Wert in die Gleichung (8a) einführen, erhalten wir f als Funktion von e und v :

$$f = \frac{1 + 2e \cdot \cos v + e^2}{1 + e \cdot \cos v} \quad (15)$$

An den Stellen $v = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ ergeben sich besonders einfache Werte für die neue Variable f , nämlich:

$$\left. \begin{aligned} f_0 &= 1 + e \\ f_{90,270} &= 1 + e^2 \\ f_{180} &= 1 - e \end{aligned} \right\} \quad (16)$$



Für die Werte $e = 0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75, 0.90$ der Exzentrizität vermittelt uns Abb. 1 ein anschauliches Bild über den Verlauf der neuen Variablen f während eines Umlaufes. Die Kurven besitzen Wendepunkte, die wir erhalten, wenn wir den 1. und 2. Differentialquotienten bilden und dabei e als Parameter während des Umlaufes konstant ansehen*):

Abb. 1. Verlauf des Skalars $f = V^2/V_K^2$ für verschiedene Exzentrizitäten.

$$\frac{df}{dv} = \frac{e(e^2 - 1) \cdot \sin v}{(1 + e \cdot \cos v)^2} \quad (17)$$

$\frac{df}{dv}$ wird Null, wenn $e = +1$ oder $\sin v = 0$ wird, d. h. für $v = 0^\circ, 180^\circ$. Der 2. Differentialquotient lautet:

$$\frac{d^2f}{dv^2} = \frac{e(1 - e^2)}{(1 + e \cdot \cos v)^3} \cdot [e \cdot \cos^2 v - \cos v - 2e] \quad (18)$$

Wendepunkte treten auf, wenn dieser Ausdruck verschwindet. Das ist möglich für $e = +1$ oder wenn die eckige Klammer gleich Null wird. Letzteres gibt eine quadratische Gleichung für $\cos v$, deren Lösung uns die zugehörige Anomalie liefert:

*) Das Zeichen für die partiellen Differentialquotienten ist hier absichtlich nicht verwendet worden, da es später in allgemeinerer Form benötigt wird.

$$\cos v = \frac{1}{2e} \cdot \left[+ 1 (\pm) \sqrt{1 + 8e^2} \right] \quad (19)$$

wobei nur das untere Vorzeichen der Wurzel mögliche reelle Werte gibt. Für die oben genannten Exzentrizitäten findet man die Wendepunkte an den in der folgenden kleinen Tabelle gegebenen Stellen:

Anomalien der Wendepunkte der f -Kurven

$e =$	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90
$v =$	106°9	121°1	133°3	143°9	153°5	164°8

Sind r, e, v gegeben, so kann die Geschwindigkeit in einem beliebigen Bahnpunkte auch durch diese ausgedrückt werden. Gemäß Gleichung (7) und (15) erhält man dann:

$$\left. \begin{aligned} V^2 &= V_K^2 \cdot \frac{1 + 2e \cdot \cos v + e^2}{1 + e \cdot \cos v} \\ \text{oder auch unter Berücksichtigung von (5) und (4a)} \\ V^2 &= \frac{K^2 (1 + 2e \cdot \cos v + e^2)}{a(1 - e^2)} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Aus der ersten dieser beiden Beziehungen erkennt man, daß für

$$\left. \begin{aligned} \cos v &= -e \\ V &= V_K \end{aligned} \right\} \quad (20a)$$

wird. Diese Bedingung ist aber an den Endpunkten der kleinen Achse der Ellipse erfüllt, worauf schon früher hingewiesen wurde (s. § 2).

Man kann das auch so ausdrücken: Bezüglich der Geschwindigkeit wird die Ellipse durch die kleine Achse in zwei geometrisch gleiche Teile zerlegt. Dabei ist auf der Seite nach dem Perihel zu stets:

$$\left. \begin{aligned} V_P &\geq V \geq V_K \\ \text{und auf der nach dem Aphel zugewandten Seite stets:} \\ V_A &\leq V \leq V_K \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

§ 4. Bestimmung von e oder v , wenn r, f, v oder r, f, e gegeben sind

Es sind noch zwei weitere Fälle denkbar. Zunächst können r, f, v gegeben sein. Dann folgt aus (15) eine quadratische Gleichung für e :

$$e^2 + e \cdot \cos v \cdot (2 - f) + 1 - f = 0 \quad (22)$$

deren Lösungen die Exzentrizität geben:

$$e = 1/2 \cdot \left[-(2 - f) \cdot \cos v \pm \sqrt{(2 - f)^2 \cdot \cos^2 v - 4(1 - f)} \right] \quad (23)$$

Diese Gleichung ist eine der beiden Hauptgleichungen zur Lösung des Bahnbestimmungsproblems aus dem Vektor der Bahngeschwindigkeit. Denn wenn f gegeben ist und v bestimmt worden ist, folgt aus dieser Gleichung die Exzentrizität e .

Der andere Fall ist der, daß r, f, e gegeben sind. Dann ergibt sich der zugehörige Wert von v ebenfalls aus der Gleichung (15):

$$\cos v = \frac{1 - f + e^2}{e(f - 2)} \quad (24)$$

Es bleibt nur noch der Fall übrig, wo die Bahn selbst noch nicht bekannt ist, indem nur der Vektor der Bahngeschwindigkeit in irgendeinem Bahnpunkt gegeben ist. Dies ist der allgemeine Fall, der den Hauptgegenstand der folgenden Untersuchung bildet.

Vorher sollen noch die Bahnen mit einer Kreisbahngeschwindigkeit im Ausgangspunkt betrachtet werden.

§ 5. Die Bahnen mit der Kreisbahngeschwindigkeit in einem Endpunkt der kleinen Achse

Dieser Spezialfall ist verhältnismäßig leicht zu diskutieren und soll daher vorweg genommen werden. Wenn wir in Gleichung (23) $f = +1$ setzen — was ja Kreisbahngeschwindigkeit bedeutet — so erhält man für die Exzentrizität die beiden Lösungen:

$$e_1 = 0; \quad e_2 = -\cos v$$

Die erste Lösung bedeutet die Kreisbahn selbst, die uns hier nicht weiter interessiert.

Der zweite Fall führt zu einer Schar von Ellipsen, die entstehen, wenn man den Vektor der Kreisbahngeschwindigkeit im Endpunkt der kleinen Achse beliebig dreht. Diese Ellipsen haben alle — wie schon erwähnt — die gleich große Achse. Die Richtung dieser großen Achse ist der jeweiligen Richtung des Geschwindigkeitsvektors parallel, denn im Endpunkte der kleinen Achse ist die Tangente (d. h. der Geschwindigkeitsvektor) stets parallel zur großen Achse. Somit gibt in diesem Falle die Richtung des Geschwindigkeitsvektors zugleich die Richtung der großen Halbachse jeder Ellipse dieser Schar an. Nennen wir den Winkel zwischen dem Geschwindigkeitsvektor und dem radius vector β , so ist also in unserm Falle:

$$v = \beta$$

Alle diese Ellipsen haben die folgenden Eigenschaften: a) sie haben einen gemeinsamen Brennpunkt F , b) sie haben einen gemeinsamen Schnittpunkt S , der für jede der Ellipsen zugleich der eine Endpunkt der kleinen Achse ist. Anders ausgedrückt:

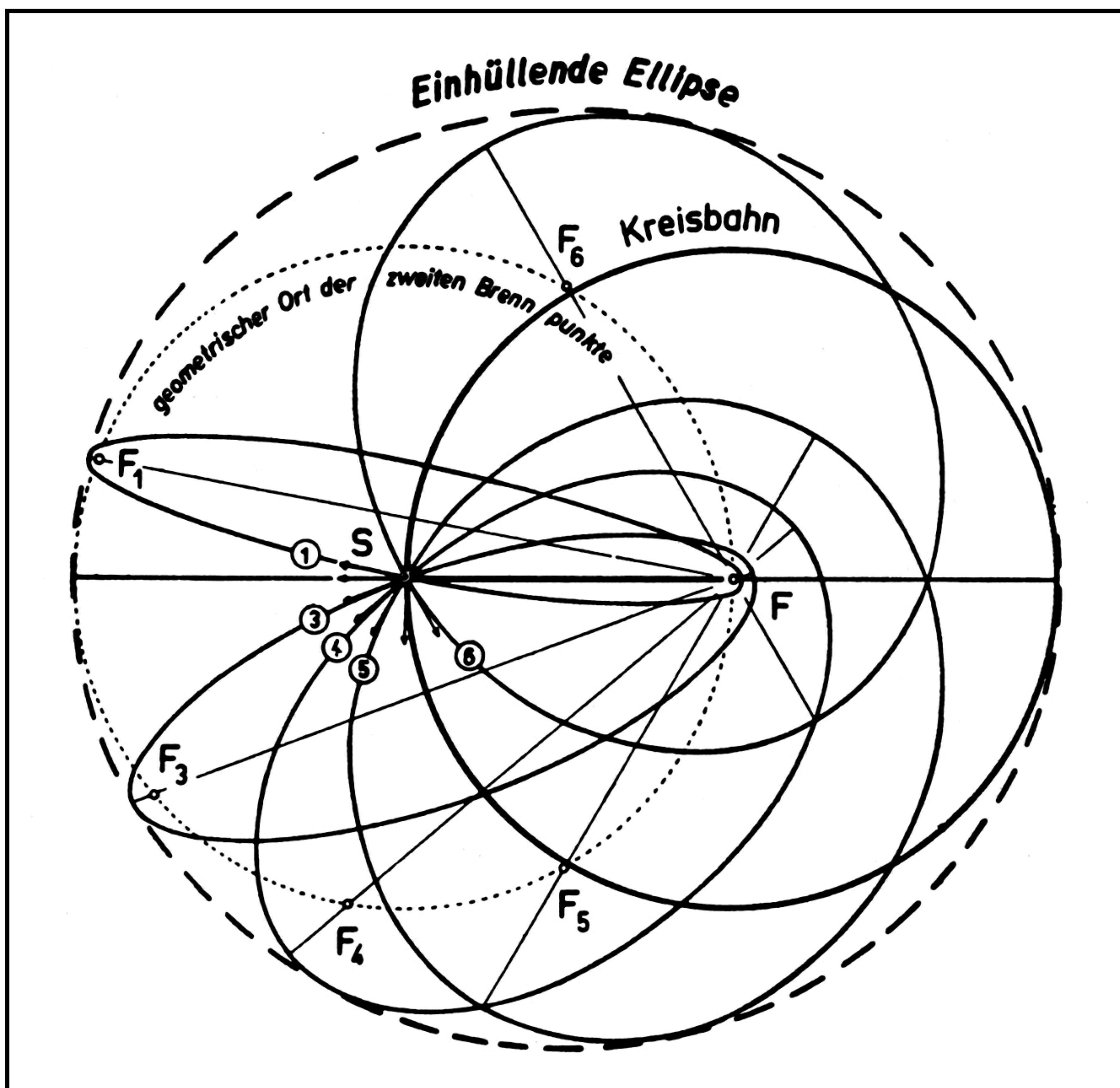


Abb. 2. Monokonfokale Schar von Ellipsen mit Kreisbahngeschwindigkeit im Startpunkte S .

diese Ellipsen haben einen gemeinsamen radius vector. Sie sollen kurz mit dem Namen „monokonfokale Ellipsen“ bezeichnet werden. Abb. 2 zeigt einige solcher monokonfokalen Ellipsen, die leicht zu konstruieren sind.

Sei nun F der Pol eines Polarkoordinatensystems, und die jeweilige große Achse der Ellipse die Polarachse. Bezeichnen wir ferner den Winkel, den die große Achse einer der Ellipsen der monokonfokalen Schar mit FS bildet, mit γ , so lautet die Gleichung der monokonfokalen Ellipsenschar:

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cdot \cos(w + \gamma)} \quad (25)$$

wobei w den Winkel zwischen radius vector eines beliebigen Ellipsenpunktes mit der Achse FS bedeutet. Zwischen v , w und γ besteht die einfache Beziehung:

$$v = w + \gamma \quad (26)$$

Die kleine Halbachse und die Exzentrizität einer beliebigen Ellipse der monokonfokalen Schar sind gegeben durch:

$$b = a \cdot \sin \gamma; \quad e = \cos \gamma \quad (27)$$

Wird der Vektor der Kreisbahngeschwindigkeit in S um den Winkel $d\gamma$ gedreht, so entspricht dem eine gleich große und gleich gerichtete Drehung der Apsidenlinie. Kleine Halbachse und Exzentrizität ändern sich dabei um die Beträge:

$$db = a \cdot \cos \gamma \cdot d\gamma; \quad de = -\sin \gamma \cdot d\gamma \quad (28)$$

Mit wachsendem γ wird also die Exzentrizität immer kleiner, bis sie für $\gamma = 90^\circ$ verschwindet und die Bahn in die Kreisbahn übergeht.

Die zweiten Brennpunkte der monokonfokalen Ellipsenschar müssen ebenfalls den Abstand $r = a$ vom Punkte S haben. Das heißt aber, ihr geometrischer Ort ist ein Kreis um S mit dem Radius $r = a$.

Schließlich besitzt die monokonfokale Ellipsenschar eine Hüllkurve, die eine Ellipse mit den Brennpunkten F und S ist. Die große Halbachse und Exzentrizität dieser Hüllkurve haben im vorliegenden Falle die Werte:

$$a_0 = 3/2 FS = 3/2 r; \quad e_0 = 1/3 \quad (29)$$

Auch im allgemeinen Falle einer beliebigen Geschwindigkeit in einem beliebig gewählten Ausgangspunkte hat die Schar monokonfokaler Ellipsen eine Hüllkurve und der geometrische Ort der zweiten Brennpunkte ist wiederum ein Kreis. Die Verhältnisse liegen aber komplizierter als in dem hier behandelten Spezialfall; ich werde in einer späteren Untersuchung auf den allgemeinen Fall zurückkommen.

§ 6. Die allgemeine Bahnbestimmung aus dem Vektor der Geschwindigkeit

Nunmehr kann die allgemeine Bahnbestimmung aus dem Vektor der Bahngeschwindigkeit durchgeführt und die Variation der Ausgangswerte dann daran angeschlossen werden.

Gegeben seien (siehe Abb. 3):

Der radius vector r eines beliebigen Bahnpunktes P ,

Die Größe V der Geschwindigkeit, resp. die Variable f ,

Der Winkel β zwischen Geschwindigkeitsvektor und radius vector, gezählt im üblichen Sinne gegen den Uhrzeiger.

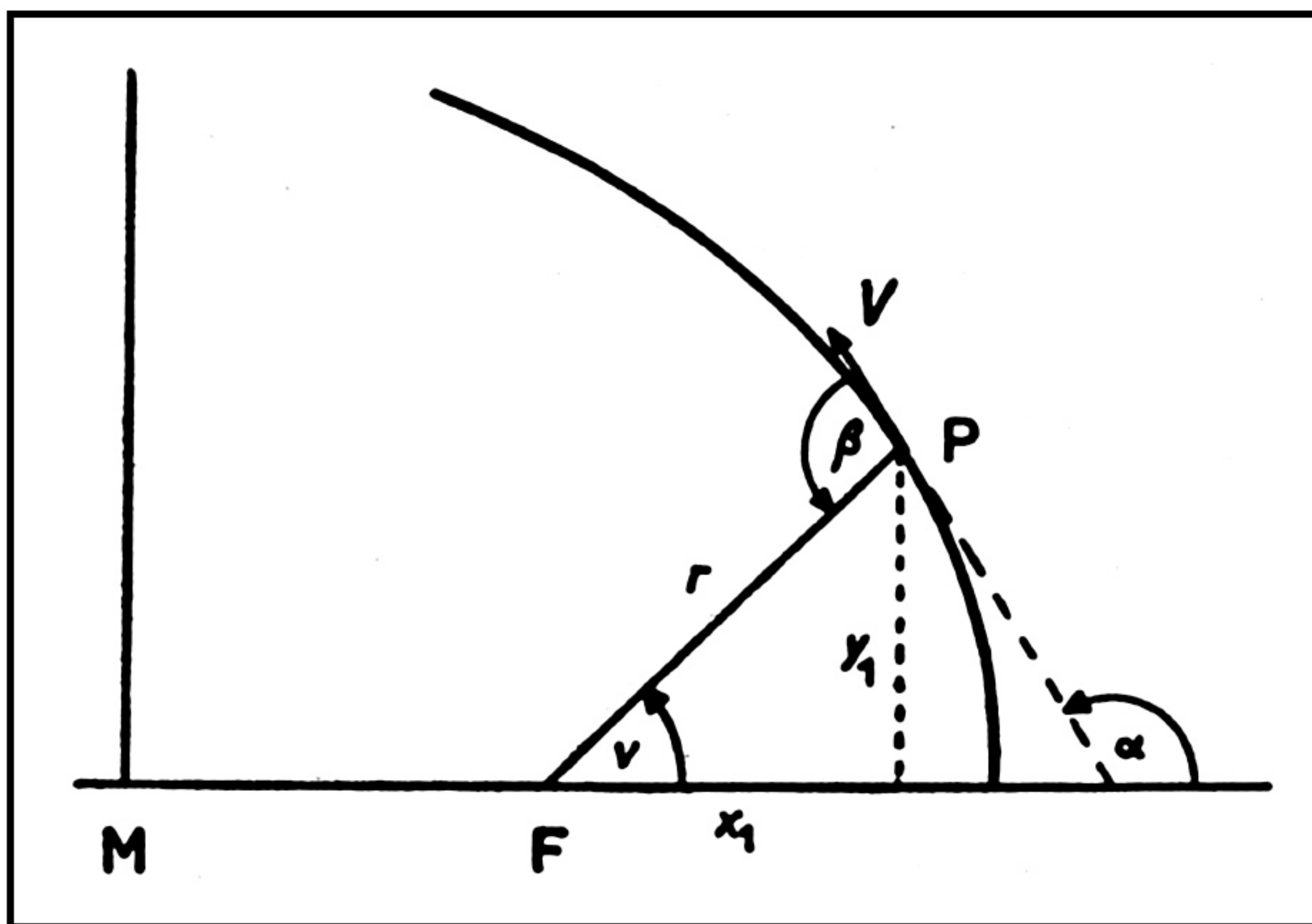


Abb. 3. Einführung des Winkels β zwischen Tangente und radius vector sowie des Hilfswinkels α zwischen Tangente und x -Achse.

Wir führen nun noch den Winkel ein, den die verlängerte Tangente mit der x -Achse bildet, nennen ihn α und zählen ihn ebenfalls positiv gegen den Uhrzeigersinn. Zwischen α , β , v besteht dann die einfache Beziehung:

$$v = \alpha + \beta - 180^\circ \quad (30)$$

α ist eine neue weitere Unbekannte, der Richtungswinkel der Tangente an die Ellipse. Für den Richtungstangens dieses Winkels gilt bekanntlich:

$$\operatorname{tg} \alpha = - \frac{b^2 \cdot x_1}{a^2 \cdot y_1} = \frac{(e^2 - 1) \cdot x_1}{y_1} \quad (31)$$

wenn x_1 , y_1 die rechtwinkligen Koordinaten des beliebig gewählten Ellipsenpunktes P sind, bezogen auf ein rechtwinkliges Koordinatensystem mit dem Anfangspunkt im Mittelpunkt M der Ellipse. Für x_1 , y_1 findet man nun leicht:

$$x_1 = ae + r \cdot \cos v; \quad y_1 = r \cdot \sin v \quad (32)$$

Werden diese beiden Werte in die Gleichung (31) eingesetzt, so nimmt diese die Form an:

$$\operatorname{tg} \alpha = (e^2 - 1) \cdot \frac{ae + r \cdot \cos v}{r \cdot \sin v} \quad (33)$$

Da die große Halbachse der Bahn durch den gegebenen Wert von f und r nach Gleichung (8) bestimmt ist, bleiben nur noch v und e zu bestimmen. (Wir werden später sehen, daß α bei der Bestimmung von v herausfällt.)

Zu den Gleichungen (30) und (33) tritt als dritte noch die Polargleichung (5):

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cdot \cos v} \quad (5)$$

Die 3 Gleichungen (30), (33) und (5) enthalten die 3 Unbekannten α , v , e , die daraus zu bestimmen sind.

Es ist von vornherein nicht zu übersehen, wie die Auflösung nach den 3 Unbekannten am besten erfolgt. Auf jeden Fall ist eine Gleichung höheren Grades zu erwarten.

Man ist zunächst geneigt, nach α , das doch nur ein Hilfswinkel ist, aufzulösen. Dies führt aber zunächst auf eine trigonometrische Gleichung 16. Grades, deren weitere Vereinfachung zum mindesten sehr unbequem sein wird. Auch die Auflösung nach e führt auf eine algebraische Gleichung zunächst 12. Grades, deren weitere Behandlung ebenfalls lästig ist.

Einfacher ist es, mit Hilfe der Gleichung (30) den Winkel α aus der Gleichung (33) zu eliminieren, um damit v direkt als Funktion von β zu erhalten. Nach (30) ist:

$$\alpha = v - \beta + 180^\circ$$

oder

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} (v - \beta) = \frac{\operatorname{tg} v - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} v \cdot \operatorname{tg} \beta}$$

Wird der letzte Wert in die Gleichung (33) eingesetzt, so erhält man:

$$(\operatorname{tg} v - \operatorname{tg} \beta) \cdot r \cdot \sin v = (e^2 - 1) \cdot (ae + r \cdot \cos v) \cdot (1 + \operatorname{tg} v \cdot \operatorname{tg} \beta) \quad (34)$$

Hierin kann man jetzt $(e^2 - 1)$ und e mit Hilfe der Polargleichung (5) entfernen. Nach längerer Umformung erhält man dann die Gleichung:

$$\begin{aligned} & (\operatorname{tg} v - \operatorname{tg} \beta) \cdot a \cdot \sin v + [1 + \operatorname{tg} v \cdot \operatorname{tg} \beta] \cdot \cos v \cdot (a - r/2) \\ &= \pm \frac{1}{2} \cdot (1 + \operatorname{tg} v \cdot \operatorname{tg} \beta) \cdot \sqrt{r^2 \cdot \cos^2 v - 4a(r - a)} \end{aligned} \quad (35)$$

Die Auflösung dieser Gleichung wird erleichtert, wenn man r durch a und f ausdrückt. Nach Gleichung (8) erhält man die benötigten Ausdrücke:

$$\begin{aligned} r &= a(2 - f) \\ a - r/2 &= + \frac{a \cdot f}{2} \\ 4a(r - a) &= 4a^2 \cdot (1 - f) \end{aligned}$$

Werden die letzten 3 Werte in die Gleichung (35) eingesetzt, so zeigt sich, daß alle Glieder den Faktor $a/2$ gemeinsam haben; er fällt heraus und die Gleichung wird:

$$\begin{aligned} & 2(\operatorname{tg} v - \operatorname{tg} \beta) \cdot \sin v + f \cdot \cos v \cdot (1 + \operatorname{tg} v \cdot \operatorname{tg} \beta) \\ &= \pm (1 + \operatorname{tg} v \cdot \operatorname{tg} \beta) \cdot \sqrt{(2 - f)^2 \cdot \cos^2 v - 4(1 - f)} \end{aligned} \quad (36)$$

Diese Gleichung enthält nur noch die Unbekannte v ; um sie nach dieser aufzulösen, muß zunächst auf beiden Seiten quadriert werden. Ordnet man dann weiter nach Potenzen von $\operatorname{tg} v$, so treten sehr langgliedrige Formeln und Koeffizienten auf, die sich aber in umständlicher Nebenrechnung zusammenfassen und ordnen lassen.

Wir behandeln die linke Seite, die mit L bezeichnet werden soll und die rechte Seite R daher zunächst getrennt und beschränken uns auf die Wiedergabe der wesentlichen Schritte, um mit den Koeffizientenentwicklungen nicht Seiten zu füllen. Wenn man also quadriert und ferner $\sin^2 v$, $\cos^2 v$, sowie $\sin v \cdot \cos v$ durch $\operatorname{tg} v$ ausdrückt, erhält man zunächst für die linke Seite der letzten Gleichung (36):

$$\begin{aligned} L &= \frac{4 \cdot \operatorname{tg}^2 v}{1 + \operatorname{tg}^2 v} \cdot \left[\operatorname{tg}^2 v - 2 \cdot \operatorname{tg} v \cdot \operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg}^2 \beta \right] \\ &\quad + \frac{4f \cdot \operatorname{tg} v}{1 + \operatorname{tg}^2 v} \cdot \left[\operatorname{tg} v - \operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg}^2 v \cdot \operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} v \cdot \operatorname{tg}^2 \beta \right] \\ &\quad + \frac{f^2}{1 + \operatorname{tg}^2 v} \cdot \left[1 + 2 \cdot \operatorname{tg} v \cdot \operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg}^2 v \cdot \operatorname{tg}^2 \beta \right] \end{aligned} \quad (37)$$

Wir bemerken, daß alle 3 Glieder von L den Nenner:

$$N = 1 + \operatorname{tg}^2 v \quad (38)$$

gemeinsam haben.

Ordnet man nun weiter nach Potenzen von $\operatorname{tg} v$ und faßt, soweit es möglich ist, zusammen, so wird:

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{N} \left[4 \cdot \operatorname{tg}^4 v + 4 \cdot \operatorname{tg}^3 v \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot (f - 2) + \operatorname{tg}^2 v \{ \operatorname{tg} v \cdot (2 - f)^2 + 4 \} \right. \\ &\quad \left. + \operatorname{tg} v \cdot 2f \cdot \operatorname{tg} \beta (f - 2) + f^2 \right] \end{aligned} \quad (39)$$

Wenn man jetzt die ganz analoge Entwicklung auf der rechten Seite vornimmt und entsprechend ordnet, so ergibt sich:

$$R = \frac{1}{N} \left[\begin{aligned} &-4 \operatorname{tg}^4 v \cdot 4 \cdot (1-f) \cdot \operatorname{tg}^2 \beta - \operatorname{tg}^3 v \cdot 8 \cdot (1-f) \cdot \operatorname{tg} \beta \\ &- \operatorname{tg}^2 v \cdot [4 \cdot (1-f) - f^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \beta] \\ &- \operatorname{tg} v \cdot [-2f^2 \cdot \operatorname{tg} \beta] + f^2 \end{aligned} \right] \quad (40)$$

Man erkennt, daß beide Seiten L und R den Nenner N gemeinsam haben; dieser kann nicht Null werden, fällt also unbedenklich fort. Auch das absolute Glied ist auf beiden Seiten das gleiche und fällt somit ebenfalls fort.

Berücksichtigt man dies und ordnet nun nach fallenden Potenzen von $\operatorname{tg} v$, so ergibt sich bei Gleichsetzung zunächst die folgende Gleichung 4. Grades:

$$\left. \begin{aligned} &+ \operatorname{tg}^4 v \cdot 4 \cdot [1 + (1-f) \cdot \operatorname{tg}^2 \beta] + \operatorname{tg} v \cdot 4 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot (1-f) \\ &+ \operatorname{tg}^2 v \cdot 4 \cdot [\operatorname{tg}^2 \beta \cdot (1-f) + 1] - \operatorname{tg} v \cdot 4 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \beta \end{aligned} \right\} = 0 \quad (41)$$

Die Gleichung kann weiter mit $4 \cdot \operatorname{tg} v$ gekürzt werden. Multipliziert man nun noch mit $\operatorname{ctg} \beta$, so nimmt sie die folgende Form einer trigonometrischen Gleichung 3. Grades an:

$$A \cdot \operatorname{tg}^3 v + B \cdot \operatorname{tg}^2 v + A \cdot \operatorname{tg} v + B = 0 \quad (42)$$

wobei zur Abkürzung gesetzt wurde:

$$A = \operatorname{ctg} \beta + (1-f) \cdot \operatorname{tg} \beta; \quad B = -f \quad (43)$$

Nach langer und oft recht mühsamer Umformung hat sich also eine angenehme Gleichung 3. Grades ergeben. Nach dem Satz von Descartes hat eine Gleichung ungeraden Grades, wenn der letzte Koeffizient negativ ist, mindestens 1 positive reelle Wurzel. Dies ist also hier der Fall.

Man kann nun leicht sehen, daß sich von der Gleichung (42) zwei imaginäre Wurzeln abspalten lassen, indem man sie in der folgenden Form schreibt:

$$[A \cdot \operatorname{tg} v - f] \cdot [\operatorname{tg}^2 v + 1] = 0 \quad (44)$$

Die beiden imaginären Wurzeln sind somit:

$$\operatorname{tg} v = \pm i \quad (45)$$

und es verbleibt nur eine reelle positive Wurzel:

$$A \cdot \operatorname{tg} v - f = 0 \quad (46)$$

Also wird nun:

$$\operatorname{tg} v = \frac{f}{A}$$

oder

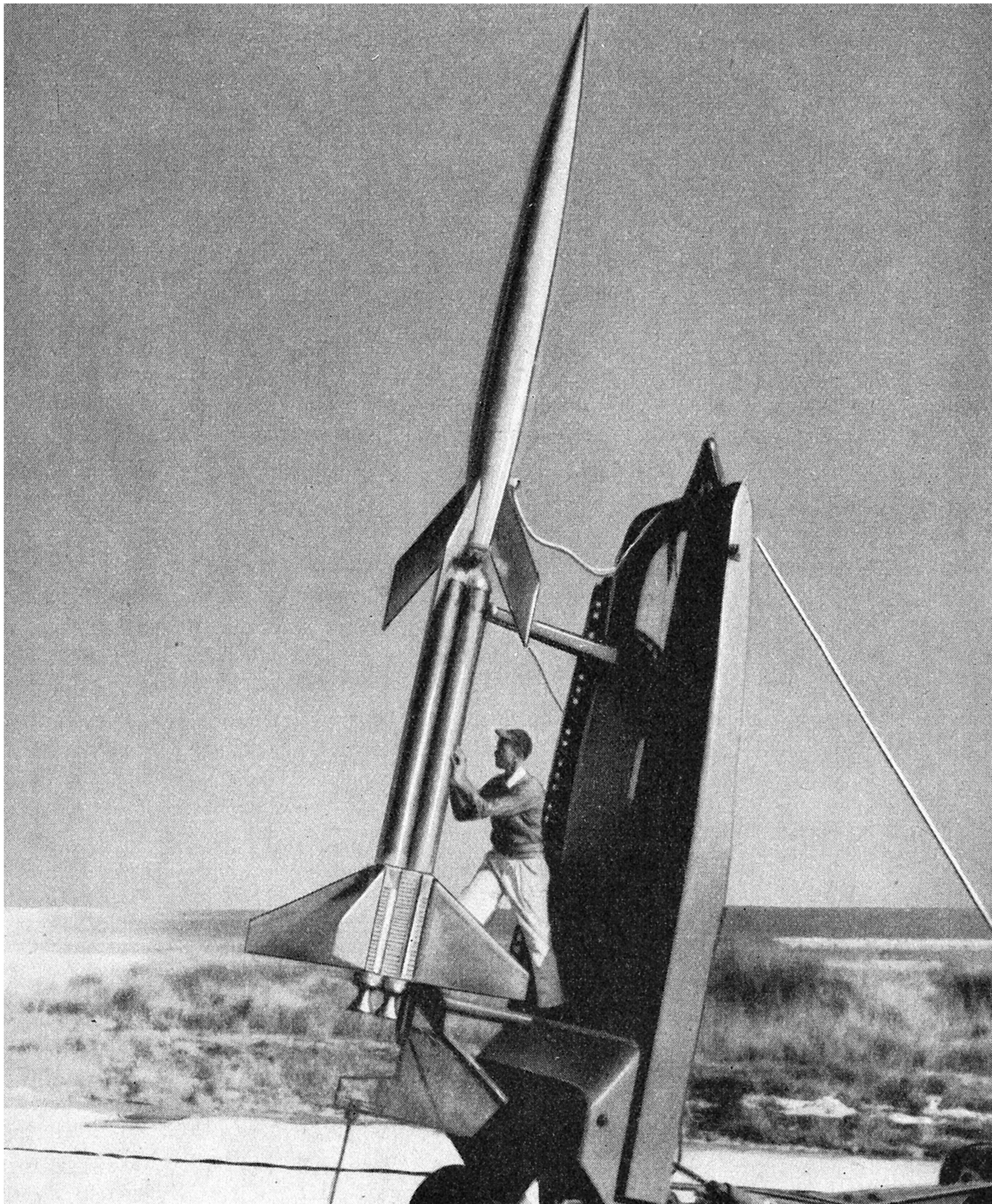
$$\operatorname{tg} v = \frac{f \cdot \operatorname{tg} \beta}{1 + (1-f) \cdot \operatorname{tg}^2 \beta} \quad (47)$$

Dies ist eine relativ einfache Gleichung und die 1. Hauptgleichung zur Lösung des Bahnbestimmungsproblems aus dem Vektor der Bahngeschwindigkeit (d. h. aus f und β). Ist v bekannt, so folgt nach Gleichung (23), welche als zweite Hauptgleichung des Bahnbestimmungsproblems bezeichnet werden kann, der zugehörige Wert der Exzentrizität e . Unsere Aufgabe ist damit gelöst.

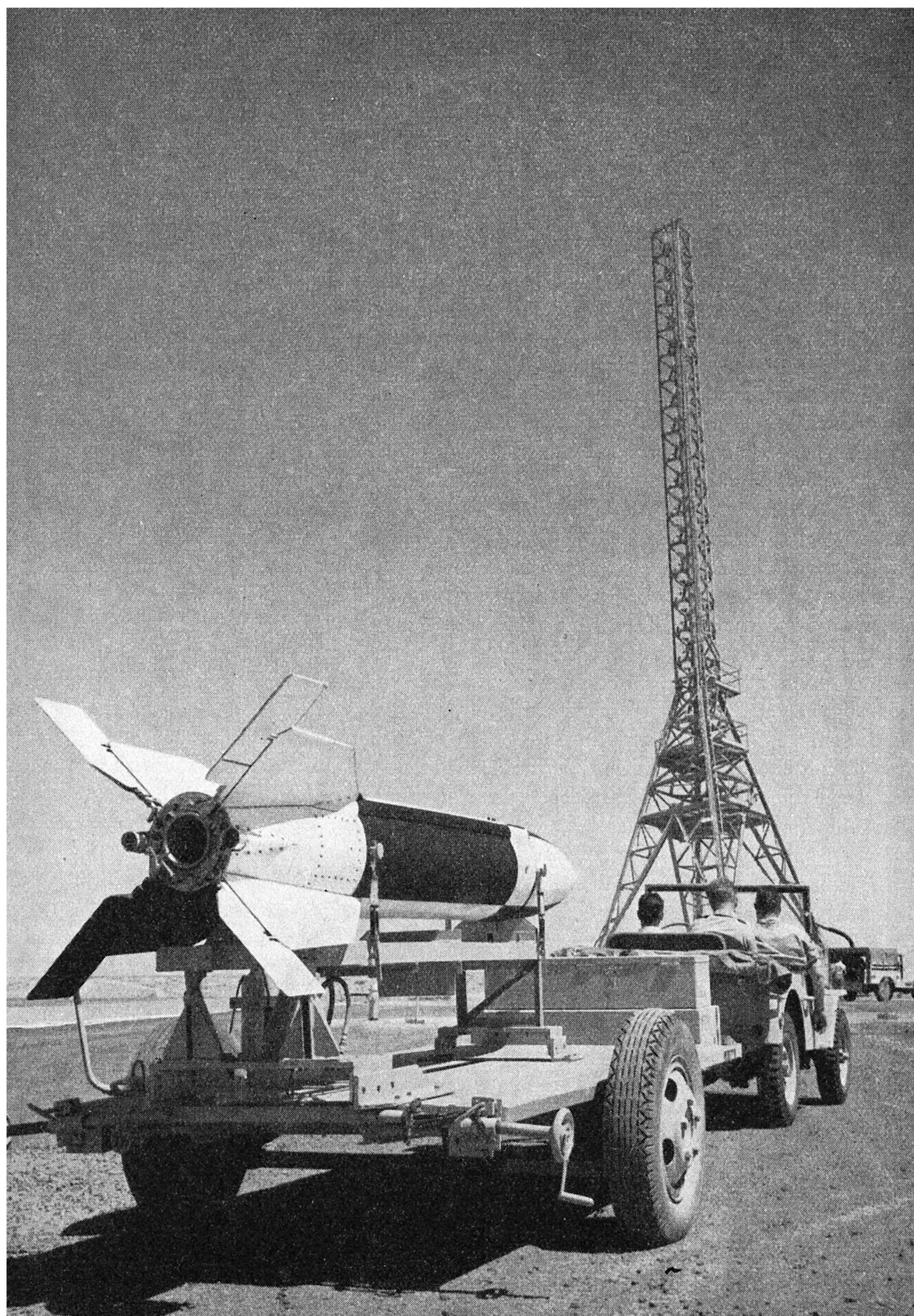
Es kann von Interesse sein, aus f und v die Werte von β zu berechnen. Hierfür löst man einfach die Gleichung (47) nach $\operatorname{tg} \beta$ auf und erhält dann:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{+f \pm \sqrt{f^2 - 4(1-f) \cdot \operatorname{tg}^2 v}}{2(1-f) \cdot \operatorname{tg} v} \quad (48)$$

(Schluß im nächsten Heft)



Unsere Bilder zeigen (oben) eines der Raketenmodelle, welche die amerikanische Versuchsanstalt für Luftfahrtforschung (NACA) verwendet, und (rechts nebenstehend) die amerikanische Rakete NATIV der Firma North American Aviation; im Hintergrund der Turm, aus dem sie abgefeuert wird. Unser Titelbild zeigt die neuerdings häufiger genannte amerikanische Rakete „Hermes“.



Über die Bedeutung der modernen programmgesteuerten Großrechenmaschinen für die Weltraumforschung

Von Prof. Dr. Bruno Thüring, Karlsruhe, GfW

Während des letzten Weltkrieges begann in Deutschland (durch Konrad Zuse) und in den USA. getrennt voneinander die Entwicklung programmgesteuerter Rechenmaschinen, die den Zweck verfolgen, umfangreiche wissenschaftliche oder technische numerische Probleme rasch und vollautomatisch zu bewältigen. Der Kriegsausgang bedeutete für die deutsche Entwicklung natürlich zunächst einen schweren Rückschlag, dessen Folgen aber in den letzten Jahren zu einem großen Teil wieder aufgeholt werden konnten.

I. Die meisten wissenschaftlich-technischen Probleme, soweit sie überhaupt mathematisierbar sind, können mit rein analytischen Methoden nicht gelöst werden. Diese Möglichkeit besteht stets nur für die einfachsten Fälle, z. B. bei den algebraischen Gleichungen nur bis zum 4. Grade, beim Mehrkörperproblem nur bis $n = 2$, bei sonstigen Differentialgleichungen nur für gewisse Typen. Aber selbst in analytisch streng lösbaren Fällen ist die numerische Auswertung oft sehr langwierig. Das bekannteste Beispiel hierfür stellen die linearen Gleichungssysteme für eine größere Anzahl von Unbekannten dar. In den erstgenannten Fällen hingegen muß von vornherein die numerische Behandlung einsetzen (wenn wir von den graphischen Methoden absehen, die stets mit verhältnismäßig geringer Genauigkeit verbunden sind). Die vergangenen Jahrhunderte und Jahrzehnte haben eine Fülle von numerischen Methoden ausgearbeitet, welche in der Disziplin der sogenannten „angewandten Mathematik“ zusammengefaßt sind. Ihr Nachteil, daß sie stets nur einen eindeutig und voll zahlenmäßig definierten Einzelfall zu behandeln gestatten und daß somit ein Gesamtüberblick über ein Problem erst durch Behandlung einer großen Zahl von Einzelfällen erhalten werden kann, wird aufgewogen durch den Vorteil der Anwendbarkeit auf alle möglichen, auch noch so komplizierten Fälle bei beliebig hohen Genauigkeitsansprüchen. Die natürliche Begrenzung durch die oft enorm große Anzahl der durchzuführenden Rechenoperationen wird nun neuerdings durch die schnellen programmgesteuerten Rechenmaschinen sehr weit hinausgeschoben, so daß nun Probleme numerisch behandelt werden können, die trotz vorhandener Methoden bisher weder analytisch noch numerisch bewältigt worden sind.

In vielen, sachlich und inhaltlich stark verschiedenen Fällen reduziert sich das Problem auf gewisse konstante Typen von Gleichungen oder Gleichungssystemen, so z. B. auf

a) die Lösung algebraischer Gleichungen hohen (z. B. 8., 16. oder noch höheren) Grades, wobei die geforderte Genauigkeit oft 8, 10, 16 oder noch mehr Stellen beträgt. Unter den mannigfachen Näherungsmethoden hierfür nehmen diejenigen eine besondere Stellung ein, die sich an das bekannte Horner-schema anschließen oder Abarten davon sind. Sie verlangen pro Näherung etwa 70 Rechenoperationen für jede der 8 Wurzeln einer Gleichung 8. Grades. Schon bei 5 Näherungen (es können in vielen Fällen wesentlich mehr sein) kommt man so auf etwa 1000 Operationen für die 8 Wurzeln einer einzigen solchen Gleichung. Hierfür müssen bei einer Stellenzahl von 8 Dezimalstellen 3 Stunden Rechenarbeit mit einer gewöhnlichen Tischrechenmaschine aufgewandt werden, wobei vorausgesetzt ist, daß kein Rechenfehler unterläuft.

b) die Lösung eines Systems von linearen Gleichungen mit n Unbekannten. Die Anzahl der Rechenoperationen steigt hier im Verhältnis n^3 , so daß z. B. die Lösung von 20 linearen Gleichungen bereits 24 Arbeitsstunden oder 3 volle Arbeitstage (mit 8 Stunden) verlangt,

wenn sie mit gewöhnlichen Tischrechenmaschinen durchgeführt werden soll. Partielle Differentialgleichungen, die ja fast stets numerisch gelöst werden müssen, führen meist auf lineare Gleichungssysteme. Die ganze Feldphysik gehört somit hierher. Einen besonders extremen Fall stellt die geodätische Netzausgleichung dar mit $n = 1000$ oder mehr, die mit gewöhnlichen Tischrechenmaschinen schon gar nicht mehr bewältigt werden kann, da die Arbeitszeit auf die Größenordnung von Jahrzehnten ansteigt.

c) die Integration von gewöhnlichen Differentialgleichungen oder Systemen von solchen. In der Astronautik nimmt hier eine besondere Stellung die Berechnung von Raketen-Flugbahnen ein, welche in der Gestalt von zwei oder drei simultanen gewöhnlichen nichtlinearen Differentialgleichungen 2. Ordnung auftritt. Sie sind in jedem Falle nur mit numerischen Methoden zu lösen, sei es, daß es sich um Flugbahnen in der Nähe der Erde handelt, wo der Einfluß des Raketenantriebs und des Luftwiderstandes zu berücksichtigen sind, sei es, daß es sich um Bahnen im freien Weltraum handelt, wo das Problem sofort zu einem Mehrkörper-, mindestens aber zu einem Dreikörperproblem wird. Das letztere hat seit Jahrhunderten in der Astronomie eine Heimstätte, und von dieser Seite sind daher auch die ersten numerischen Methoden zu seiner Lösung entwickelt worden. Die Astronautik aber wird in Zukunft die systematische und umfassende rechnerische Behandlung dieses Problemkreises verlangen, was nur durch den Einsatz programmgesteuerter Großrechenmaschinen möglich sein wird. Als Beispiel sei das (neuere) Verfahren von *Runge-Kutta* genannt, welches im ebenen Dreikörperproblem pro Integrationsschritt 180 Rechenoperationen verlangt. Berücksichtigt man, daß für eine astronautische Flugbahn mindestens 200 Schritte nötig sind, so kommt man auf etwa 36000 Rechenoperationen für eine einzige Flugbahn mit bestimmten Anfangsbedingungen. Die Berechnung mit Hilfe gewöhnlicher Tischrechenmaschinen benötigt hierfür mindestens 12 Arbeitstage ohne Rechenfehler. Das Programm der Herstellung eines Flugbahn-Atlas, eine Aufgabe der zukünftigen theoretischen Astronautik, müßte auf diese Weise Jahre beanspruchen, und diese Zeitspanne würde sich in die Größenordnung von Jahrzehnten dehnen, wenn wir, wie es ja nötig ist, das Problem dreidimensional behandeln wollen. Hier wird also die Notwendigkeit des Einsatzes von programmgesteuerten Rechenmaschinen besonders deutlich.

d) Aber auch die technischen, meist thermodynamischen Probleme, die sich bei der Entwicklung von Raketentriebwerken ergeben, verlangen ständig die Durchführung umfangreicher numerischer Arbeiten. Als Beispiel sei das von *Kölle* u. a. behandelte Problem der Bestimmung der Partialdrucke eines Verbrennungsgases bei einem Gemisch zweier Treibstoffe genannt, wobei Hunderte solcher Gemische zu untersuchen wären. Bei bekanntem Gesamtdruck und Mischungsverhältnis sind z. B. 8 Partialdrucke (von Wasserdampf, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff usw.) durch 8 nichtlineare algebraische Gleichungen bestimmt, die durch ein sukzessives Näherungsverfahren gelöst werden müssen. Für die Durchführung der Rechnung für ein einziges Gemisch sind bei der Verwendung gewöhnlicher Tischrechenmaschinen nach *Kölle* 180 Arbeitstage erforderlich.

Als weitere numerische Probleme aus der Raketentechnik seien hier noch genannt: Die von *Krause* behandelte Bestimmung der optimalen Daten von Stufenraketen, die von *Kölle* behandelte Bestimmung des optimalen Brennkammerdrucks sowie andere Optimalprobleme, ferner der Wärmedurchgang bei Raketentriebwerken, ein Problem, welches auf komplizierte partielle Differentialgleichungen führt.

II. Die Rationalisierung menschlicher Arbeitskraft durch den Einsatz programmgesteuerter

Rechenmaschinen steht vornehmlich unter zwei Gesichtspunkten: 1) Zuverlässigkeit und Sicherheit der Rechnung, ferner Einfachheit der Handhabung der Maschine. 2) Schnelligkeit. Von den beiden heute vorhandenen Haupttypen programmgesteuerter Rechenmaschinen, A) Elektromagnetische Relais-Maschinen, B) Elektronische Röhren-Maschinen, stehen die ersteren (im allgemeinen) hinsichtlich Zuverlässigkeit, Sicherheit und Einfachheit der Handhabung, die letzteren (im allgemeinen) hinsichtlich Schnelligkeit an vorderer Stelle. Aber auch der Typ A überragt natürlich an Schnelligkeit bei weitem alles, was man in dieser Hinsicht mit Logarithmentafeln, Tischrechenmaschinen, graphischen Methoden usw. leisten kann. In den USA. sind beide Typen A und B vorhanden und in Gebrauch. Zu den ersten gehören die Maschinen Mark I (1944), Mark II (1948), die übrigen sind Maschinen des Typs B. Auch in Europa werden beide Typen weiterentwickelt. Es sind hier sogar ganz besonders schnelle Relais-Maschinen gebaut worden, in jüngster Zeit die schwedische Maschine Bark und die deutsche Zuse-Maschine „Z 5“, die bei den optischen Werken Leitz in Wetzlar Aufstellung gefunden hat. Diese beiden Maschinen sind gegenwärtig die schnellsten Relais-Maschinen der Welt. Die Z 5 hat noch eine (langsamere) Vorgängerin Z 4. Diese arbeitet seit Jahren und auch heute noch an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Die Entwicklung von Röhrenmaschinen in Deutschland andererseits ist gekennzeichnet a) durch die Maschine G 1 in Göttingen (Max-Planck-Institut), eine verhältnismäßig kleine und langsame Maschine (sie ist langsamer als die Z 5), b) durch die Maschine G 2 ebendort, eine große und schnelle Maschine, die sich aber noch im Bau befindet.

Da der Verfasser die Gelegenheit hatte, mit der Zuse-Maschine Z 5 umfangreiche und mannigfaltige Rechnungen durchzuführen und auf diese Weise tieferen Einblick in deren Leistungsfähigkeit zu gewinnen, da andererseits diese Maschine als industrielle Serien-Maschine gedacht ist (Kaufpreis etwa 300 000.— DM), soll sie bei den folgenden Darlegungen im Vordergrund stehen.

Allen programmgesteuerten Rechenmaschinen gemeinsam ist das Grundprinzip der Zahlendarstellung, nämlich ihre Realisierung durch technische Bauelemente, welche zweier Zustände fähig sind (ja—nein, symbolisch: 1—0). Bei den Relaismaschinen sind dies die beiden Stellungen des Ankers. Dem entspricht die grundsätzliche Verwendung des (schon von Leibniz) erfundenen Dual-Zahlen-Systems, welches allerdings bei den verschiedenen Maschinen in etwas verschiedener Weise zur Darstellung von Dezimalzahlen gebraucht wird. Hierauf sei hier nicht eingegangen. Die Maschine Z 5 arbeitet im reinen Dualsystem. Als Beispiel diene die Zahl 25,6875, welche im Dualsystem lautet: 11001,1011. Hinsichtlich der maschinellen Komma-Behandlung unterscheidet man Maschinen mit festem Komma (z. B. die G 1) und solche mit beweglichem Komma. Bei sonst gleicher Stellenanzahl ist der verwendbare Zahlenbereich bei beweglichem Komma ganz wesentlich größer. Die Maschine Z 5 besitzt bewegliches Komma und arbeitet im Zahlenbereich 10^{20} bis 10^{-20} mit 8 Dezimalstellen. Das bewegliche Komma wird möglich durch eine besondere Art der Zahlendarstellung, die als „halblogarithmische“ bezeichnet wird: Eine Zahl z hat die Form $z = b \cdot 2^a$, wobei a eine ganze Zahl ist und b stets zwischen den Grenzen 1 und 2 verbleibt. Obige Zahl lautet also in dieser Darstellung $1,10011011 \cdot 10^{100}$. Die Verschiebung des Kommas um eine Dualstelle geschieht hier also mittels Erhöhung oder Erniedrigung der Zahlenkomponente a um eine Einheit.

Die Maschine Z 5 besitzt 2400 Relais, welche sich auf die verschiedenen Hauptteile der Maschine verteilen. Unter diesen verdient das Speicherwerk besondere Erwähnung. Dieses

besteht aus etwa 450 elektromagnetischen Relais zur vorübergehenden Aufbewahrung (Speicherung) von 12 Zahlen, die im Verlauf der Rechnung beliebig variieren können. Einige besonders häufig vorkommende Zahlen sind ferner in einem „Konstanten-Speicher“ fest eingebaut.

Das Prinzip der Programmsteuerung besteht bei der Z 5 in der Zerlegung des Rechenganges in seine operativen Elemente (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division, Radikation), in die Reihenanzordnung derselben in der Form von „Befehlen“, die, selbst in Gestalt von „Ja—nein-Werten“ verschlüsselt, auf schmale Streifen „gelocht“ werden. Diesen ganzen Vorgang nennt man „Programmierung“. Diese geht der eigentlichen Rechnung vorher. Die Arbeit der Maschine besteht dann darin, die genannten Befehls-Lochstreifen durch besondere „Abtaster“ abzutasten und die abgetasteten Befehle über die zugehörigen Relais dem Rechenwerk, Speicherwerk usw. zur Durchführung zu übermitteln. Eine besonders wichtige Stellung nehmen dabei die sogenannten „bedingten Befehle“ ein, die nur dann durchgeführt werden, wenn gewisse Bedingungen im Rechenablauf erfüllt sind. Z. B. bedeutet der bedingte Befehl:

$$[V_5 = 0] \rightarrow \text{Ende}$$

„Die Maschine soll prüfen, ob auf der Speicherzelle (V) Nr. 5 in diesem Augenblick die Zahl 0 steht. Ist dies der Fall, dann soll die Maschine stillstehen, im anderen Falle den darauffolgenden Befehl ausführen.“

Oder:

$$[V_1 \geq V_2] \rightarrow \text{Rufe } K \ 5$$

bedeutet: „Die Maschine soll prüfen, ob die in diesem Augenblick in der Speicherzelle Nr. 1 stehende Zahl größer ist (oder gleich) als die in der Zelle Nr. 2 stehende. Ist dies der Fall, dann sollen alle folgenden Befehle bis zum „Kennzeichen“ Nr. 5 übersprungen und die Rechnung erst dort weitergeführt werden. Im anderen Falle soll kein Sprung stattfinden.

Die Maschine Z 5 hat außer dem erwähnten „inneren“ Gedächtnis (nämlich das elektromagnetische Speicherwerk) noch ein „äußeres“ insofern als beliebig viele Zahlen im Laufe der Rechnung auf Lochstreifen gelocht und auf diese Weise aufbewahrt werden können, um zu gegebener Zeit dann durch einen Abtaster wieder der Maschine zugeführt zu werden. Diese Speicherungsmethode ist in ihrem Umfange zwar unbegrenzt, aber die Wiederverwendung der so gespeicherten Zahlen ist meist an eine bestimmte Reihenfolge gebunden.

Die meisten Probleme in Wissenschaft und Technik sind zyklischer Natur, d. h. es wiederholt sich ständig eine kleinere oder größere Folge von Rechenoperationen jeweils mit verschiedenen Zahlenwerten. Die Befehlslochstreifen werden in diesen Fällen zyklisch zusammengeklebt. Die numerische Integration von Differentialgleichungen stellt z. B. stets einen zyklischen Rechenplan dar (Zyklus = Intervallschritt).

III. Die Rechengeschwindigkeit der Z 5 ist durch folgende Angaben gekennzeichnet:

Addition	}	0.12 Sekunden
Subtraktion		
Multiplikation		0.48 Sekunden
Division	}	0.88 Sekunden
Radikation		

Die Einsparung an Rechenzeit gegenüber der bloßen Verwendung von Tischrechenmaschinen kann nicht durch eine allgemein gültige Zahl angegeben werden. Nennen wir das Verhältnis der Rechenzeiten (Z 5 : Tischrechenmaschine) den „Einsparungsfaktor“ E , so hängt dieser meist von Art und Dauer der Rechnung selbst ab. Bei kürzeren Rechnungen kann er zu

$E = 20$ angesetzt werden. Doch steigt er erheblich, wenn es sich um Rechnungen handelt, deren Durchführung mit der Z 5 Tage oder Wochen in Anspruch nimmt. Denn während ein menschlicher Rechner kaum länger als 5 Stunden hintereinander wird rechnen können (und dabei kaum fehlerlos), kann die Z 5, wenn nötig, ohne Schwierigkeit 15 oder 20 Stunden pro Tag in Betrieb gehalten werden, so daß Werte E bis zu 50 oder 60 erreichbar sind. Angewandt auf die oben genannten Probleme bedeutet dies, daß eine Gleichung 8. Grades statt in 3 Stunden in 10 Minuten gelöst wird. Das Problem (*Kölle*) der Berechnung der Partialdrucke eines Treibstoffgemisches könnte statt in 180 Tagen in etwa 3 bis 4 Tagen gelöst werden. Und um eine verhältnismäßig einfache, aber doch wichtige Aufgabe zu nennen: Eine beliebige quadratische Gleichung (mit 8stelligen Dezimalzahlen) wird von der Z 5 in 4 Sekunden gelöst, wobei die Maschine mittels bedingter Befehle natürlich auch darüber entscheidet, ob die beiden Wurzeln reell oder komplex sind.

Als konkretes Beispiel von Flugbahn-Berechnungen eines Raumschiffes mit Hilfe der Z 5 seien schließlich die Ergebnisse von Rechnungen mitgeteilt, welche der Verfasser in Neukirchen (Kreis Hünfeld), dem Bauort der Maschine, während ihrer Prüfzeit, hat durchführen können. Es handelt sich um einige mögliche Bahnen eines Raumschiffes im Schwerfeld Erde-Mond. Mathematisch betrachtet sind diese Bahnen Partikular-Lösungen des sogenannten *problème restreint* in der Form, welche ihm Jacobi gegeben hat: Die Bahn des Raumschiffes wird nicht auf ein Inertialsystem (astronomisches Fundamental-Koordinatensystem), sondern auf ein mit Erde und Mond rotierendes Koordinatensystem bezogen, wobei vorausgesetzt ist, daß die relativen Bahnen von Erde und Mond im Fundamental-Koordinatensystem Kreise sind (siehe „Weltraumfahrt“ 1952, Heft 4). Als Integrationsmethode verwandte der Verfasser das *Runge-Kutta*-Verfahren. Die Rechnung wurde im Zweidimensionalen durchgeführt, d. h. die Raumschiffe bewegen sich in der Bahnebene von Erde und Mond. Ein Intervallschritt dauerte 1 Minute 50 Sekunden, die in Bild 1 enthaltenen 7 Bahnen enthalten zusammen 316 Intervallschritte, deren Berechnung also 10 Stunden gedauert hat. Ein Rechner mit einer Handrechenmaschine müßte dafür etwa 30 Arbeitstage ansetzen (ein Arbeitstag zu 8 Stunden gerechnet!). Bild 1 enthält auch die jeweiligen Anfangsgeschwindigkeiten der Raumschiffe in km/sec, auf den einzelnen Bahnstücken sind ferner die von Tag zu Tag erreichten Örter markiert. Besondere Beachtung verdienen die Formen der Bahnen mit kleinen Anfangsgeschwindigkeiten. Eine 8. Bahn wurde noch nachträglich gerechnet. Sie beginnt sozusagen bei einer „Außenstation“ im Abstände 20000 km (= 0,05 Mond-

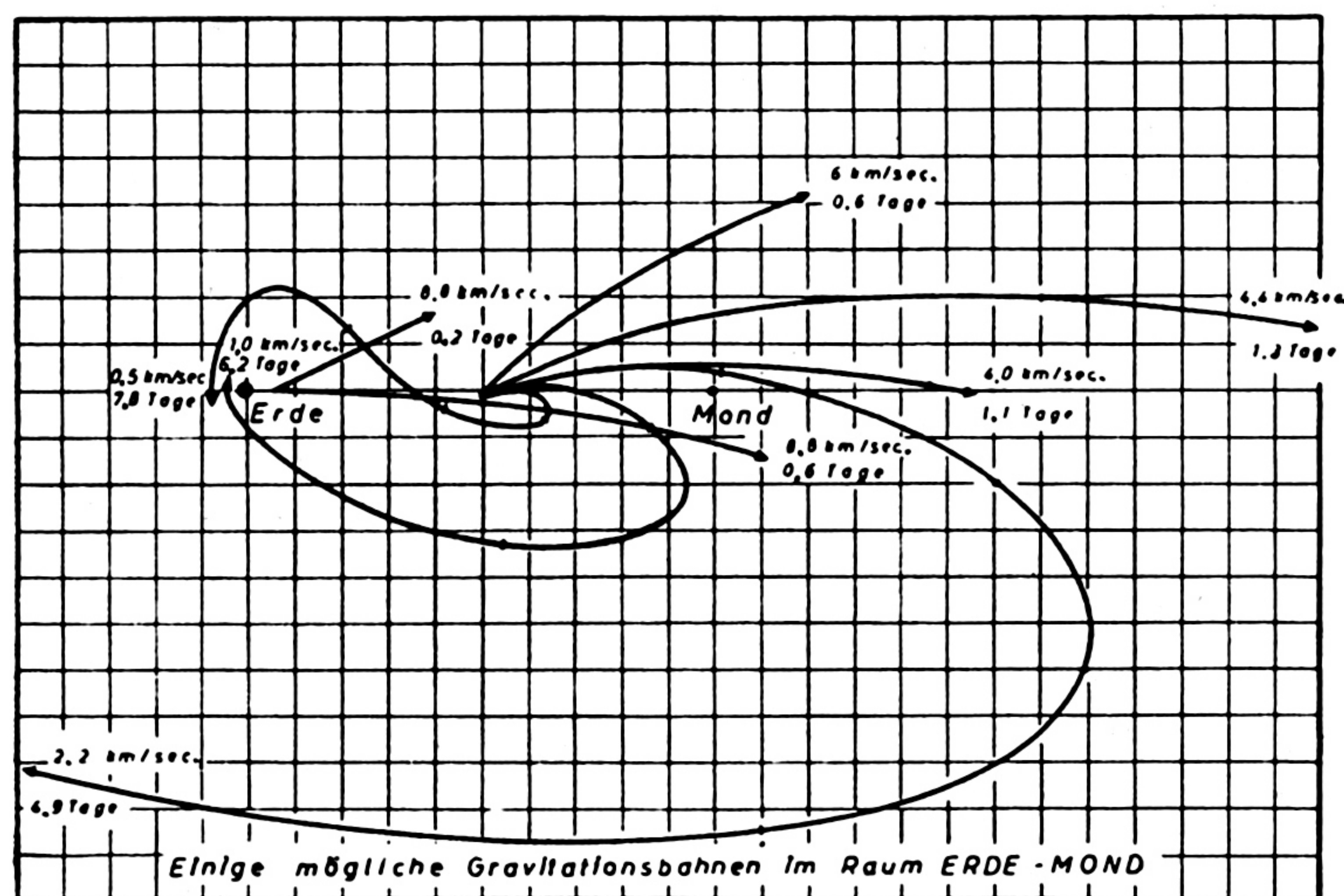


Bild 1: Einige mögliche Bahnen eines Raumschiffes im Schwerfeld Erde-Mond.

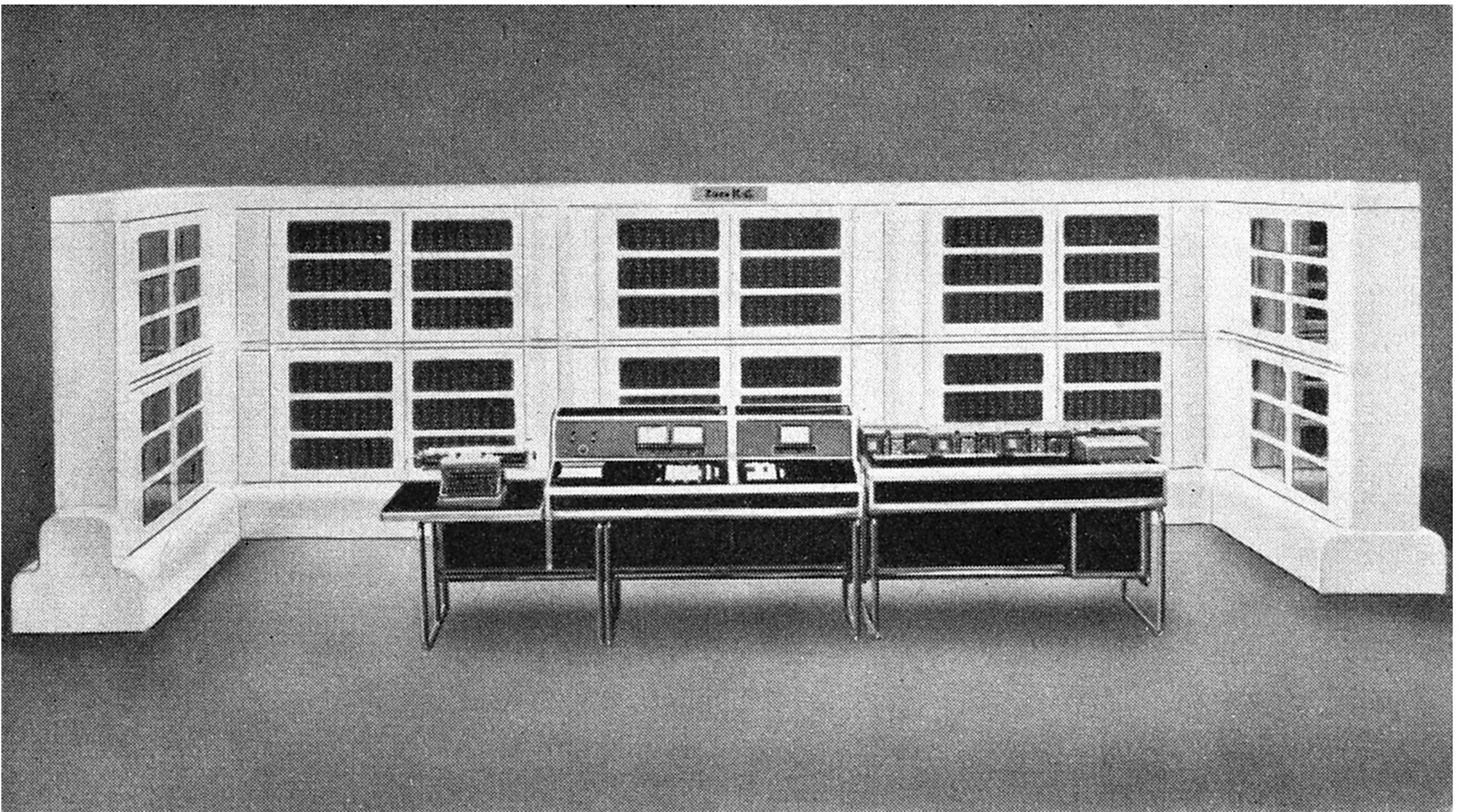


Bild 2: Großrechenmaschine Z 5 von Zuse

entfernung) von der Erde auf der Verbindungslinie Erde-Mond, die Anfangsgeschwindigkeit ist 8,8 km/sec und liegt in einem Winkel von $6,3^\circ$ zur Verbindungslinie. Die Bahn trifft nach 0,5 Tagen fast genau auf den Mond auf. Die in dem Bild enthaltenen Bahnen erheben natürlich auf Systematik keinen Anspruch, zeigen aber, wie wichtig es wäre, die Lösungen des astronautischen Dreikörperproblems systematisch mit einer programmgesteuerten Rechenmaschine zu erforschen.

Es bleibe nicht unerwähnt, daß die ganze Rechnung von der Maschine natürlich ohne die Notwendigkeit persönlichen Tätigseins hierbei oder auch nur persönlicher Gegenwart durchgeführt wird.

Konstruktive Entwürfe und Diplomarbeiten auf dem Gebiet der Astronautik

An der TH Stuttgart wurde folgende Aufgabe in Dampf- und Gasturbinen von einem GfW-Mitglied (auf eigenen Wunsch!) durchgeführt:

Es ist eine Turbopumpe für ein Raketentriebwerk mit einem Nennschub von 100 t zu entwerfen. Die Pumpe soll die beiden Treibstoffkomponenten: 155 kg/sec Flüssigsauerstoff und 210 kg/sec Hydrazin (N_2H_4) auf einen Druck von 75 ata fördern. Die Turbine soll beaufschlagt werden mit einem Gas-Dampfgemisch von $550^\circ C$ und 60 ata vor der Düse, welches in einem besonderen Gas-erzeuger durch Verbrennung der beiden genannten Treibstoffkomponenten des Triebwerkes erzeugt wird.

Es ist zu berechnen: 1. Der Leistungsbedarf und die Hauptabmessungen der Treibstoffpumpen. 2. Es sollen untersucht werden a. einstufiges Gleichdruckrad, b. zwei-stufiges Curtissrad, c. mehrstufige Überdruckturbine und d. Getriebeturbine in bezug auf ihre Verwendbarkeit für Turbopumpen für Raketentriebwerke. Die Untersuchung soll in der Richtung geführt werden, daß für eine Brennzeit von 100 sec das wirtschaftliche Optimum

erreicht wird. 3. Für die ausgewählte Turbine soll die günstigste Drehzahl und der optimale Durchmesser ermittelt werden. 4. Die Zusammensetzung und die thermodynamischen Daten des Gas-Dampfgemisches. 5. Es soll der Einfluß des Abdampfschubes auf die Gesamtauslegung der Turbopumpe sowie die Frage der Nachverbrennung im Abdampfstutzen untersucht werden. 6. Die Turbinenleistung unter Berücksichtigung der zusätzlich erforderlichen Leistung für die Förderung der Turbinentreibstoffe.

Es ist zu zeichnen: 1. Die Turbopumpe in einer ausreichenden Zahl von Schnitten; 2. Die Schaufeln und Düsen im Maßstab 1:5; 3. Eine Gesamtansicht und Einbauskizze der Turbopumpen.

Dieser Entwurf zeigt, daß es möglich ist, Problemstellungen aus der Astronautik auch an deutschen Hochschulen zu bearbeiten. Die wissenschaftliche Leitung der GfW ist gern bei der Ausarbeitung von Problemstellungen und Aufgaben behilflich.

Die Rechtsprobleme des Weltraumes *

Von Welf Heinrich Prinz von Hannover (GfW)

Die nachfolgenden Darlegungen wollen zur Klärung der Frage beitragen, wie die Erschließung des Weltraumes sich rechtlich gestalten wird, insbesondere, ob das heute geltende Luftrecht ohne weiteres auf das Gebiet „Weltraum“ erstreckt, bzw. erstreckt werden kann, oder ob die Verschiedenheit tatsächlicher Gegebenheiten dies verbietet. Die pausenlos fortschreitende Technik ist mit unbemannten Raketen, die eine Höhe bis zu 400 km erreichen, in den Weltraum eingedrungen, sie rüstet sich, in diesen Raum bemannte Raumfahrzeuge zu schicken, dort Raumstationen (auch „künstliche Erdsatelliten“ genannt) zu errichten und hat dazu geführt, daß in verschiedenen Ländern¹⁾ Gesellschaften und Zeitschriften gegründet wurden, die sich mit Weltraumforschung beschäftigen. Die Folgen dieser Entwicklung zur Erschließung des Weltraums werden in sich stetig steigenden Interessenberührungen der in den Weltraum vordringenden Staaten und ihrer Angehörigen bestehen. Diese Interessen drängen auf die Ausgestaltung einer internationalen rechtlichen Ordnung hin, soweit nicht festzustellen wäre, daß diese Ordnung bereits ganz oder wenigstens teilweise durch Erstreckung der bisher geltenden luftrechtlichen Vorschriften auf das Weltraumgebiet gegeben sein sollte.

I. Die Frage nach der Rechtsnatur des Weltraums

Die den Staaten im Luftraum über ihren Gebieten zustehende „vollständige und ausschließliche“ Staatsgewalt erstreckt sich nur auf denjenigen Teil des sich über der Erde befindlichen Raumgebietes, der mit Luft angefüllt ist. Es erhebt sich nun die Frage, ob eine solche Erstreckung der Staatsgewalt der Staaten auch in den Weltraum anzunehmen ist, ob also die rechtliche Natur des Weltraums derjenigen des Luftraums gleichartig ist. Für die Lösung dieser Frage ist zu prüfen, ob die Gründe, die für die Erstreckung der Staatsgewalt in den Luftraum über den Staatsgebieten sprechen, auch auf das sich über den Staatsgebieten erhebende Weltraumgebiet angewendet werden können. Dies dürfte indessen nicht der Fall sein. Wie Dr. Meyer in seinem Vortrag²⁾ auf dem III. Internationalen Astronautischen Kongreß im September 1952 in Stuttgart mit Recht angeführt hat, treffen die Tatsachen, die die enge Verbindung des Luftraumes mit der Erde als naturgesetzmäßig erscheinen lassen, auf das luftleere Weltraumgebiet nicht mehr zu; denn nur das mit Luft angefüllte Raumgebiet steht mit dem Leben auf der Erdoberfläche in so zwangsläufiger Verbindung, daß es als ihr zugehörig bezeichnet werden muß. Dagegen besteht diese „räumliche und herrschaftliche Korrelation“ zwischen dem Weltraumgebiet und den darunter befindlichen Land- und Wassergebieten nicht mehr. Der Weltraum kann mithin nicht als „integrierender Bestandteil“ eines Staatsgebietes angesehen werden. Gewiß mag ein Staat ein Interesse daran haben, daß vom Weltraum her keine schädigende Einwirkungen in sein Staatsgebiet vorgenommen werden; dieses Interesse genügt jedoch nicht, eine räumliche Korrelation in dem angeführten Sinne zwischen Weltraum und Staatsgebiet zu begründen. Aber auch in rechtskonstruktiver Beziehung kann das Weltraumgebiet nicht einen Teil desjenigen Gebietes

*) Auszug aus „Luftrecht und Weltraum“, Dissertation zur Erlangung des rechtswissenschaftlichen Doktorgrades der Rechts- und Staatswissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität, Göttingen.

bilden, in das sich die Staatsgewalt eines Staates erstreckt. Zur Ausübung der Staatsgewalt eines Staates über ein Gebiet sind zwei Voraussetzungen erforderlich: Es muß sich um einen Raum mit bestimmbar — wenn auch nicht sichtbaren — Grenzen handeln. Zum anderen muß die Möglichkeit der Ausübung einer „effektiven Herrschaftsgewalt“ bestehen³). Beide Voraussetzungen liegen aber hinsichtlich des Weltraumgebietes nicht vor. Nach dem heutigen Stand der technischen Entwicklung dürfte es selbst durch Ziehung gedachter Grenzflächen oberhalb der Erdgrenzen eines Staates nicht möglich sein, festzustellen, ob sich ein Vorgang im Weltraum oberhalb dieser Staatsgrenzen eines bestimmten Staates abgespielt hat. Bei Entfernungen von der Erdoberfläche, wie sie für den Weltraum vorliegen, lassen sich derartige Staatsgrenzen nicht mehr feststellen. Da sich das gesamte Sonnensystem fortlaufend bewegt und innerhalb dieses andauernden Bewegungsvorganges die Erde — sich selber drehend — eine bestimmte Bahn zieht, dürfte eine Erstreckung von vertikalen Grenzen von der Erde aus in den Weltraum ausgeschlossen sein⁴). Aber selbst für den Fall, daß entgegen der hier vertretenen Auffassung der Weltraum als ein Gebiet mit bestimmbar Grenzen anzusehen sein sollte, würde eine Erstreckung der Staatsgewalt in den Weltraum daran scheitern, daß der Bodestaat keine Möglichkeit hat, eine „effektive“ Herrschaftsgewalt auszuüben. Für die Ausübung der Staatsgewalt ist es zwar nicht erforderlich, daß eine tatsächliche sachenrechtliche Besitzergreifung stattgefunden hat oder daß die staatliche Herrschaft ständig gegenwärtig sein müsse. Auch ist es nicht erforderlich, daß die Staaten jeder mißliebigen Einwirkung aus dem in Betracht kommenden Gebiet sofort an Ort und Stelle entgegentreten müssen. Es muß aber eine Beherrschungsmöglichkeit gegeben sein. Die Tatsache, daß es bereits möglich ist, Raketen für kurze Zeit in den Weltraum vordringen zu lassen, kann aber nicht als eine „Beherrschungsmöglichkeit des Weltraumes“ angesehen werden.

Die Erstreckung der Staatsgewalt eines Bodestaates in den oberhalb seines Staatsgebietes befindlichen Weltraum erscheint also, selbst wenn dieses Weltraumgebiet in seinen Grenzen bestimmbar wäre, nicht möglich. Für solch eine Erstreckung in den Weltraum liegen aber auch keine rechtspolitischen Gründe vor. Eine Gefährdung durch herabfallende Gegenstände scheidet zum mindesten insoweit aus, als es sich um das Weltraumgebiet oberhalb der Anziehungskraft der Erde handelt. Allerdings besteht die Möglichkeit, vom Weltraum aus mittels entsprechender Instrumente Einblick auf die Erdoberfläche und den darüber befindlichen Luftraum zu gewinnen. Indessen ist diese Möglichkeit des Einblicks kein durchschlagender Grund zur Erstreckung der Staatsgewalt in den Weltraum. Die Einblicksmöglichkeit ist eine mit der Luft- und Weltraumfahrt zwangsläufig verbundene Tatsache. Sie ist unabänderlich gegeben, mag man einem Staat die Staatsgewalt im Luft- oder Weltraum zuerkennen oder nicht. Die Einblicksmöglichkeit auf die Erdoberfläche war auch niemals ein Grund für die Erstreckung der Staatsgewalt in den Luftraum⁵). Um so weniger kann die bloße Möglichkeit des Einblicks ein Grund sein, die Staatsgewalt bis in den Weltraum auszudehnen, da eine gute Einblicksmöglichkeit vom Weltraum her ungleich geringer sein dürfte als vom Luftraum aus. Auch erhebliche rechtspolitische Gründe, die eine Erstreckung der Staatsgewalt in den Weltraum aus polizeilichen, sanitären und zollrechtlichen Interessen rechtfertigen könnten, sind nicht ersichtlich. Die Einwirkungsmöglichkeiten aus dem Weltraum dürften in dieser Beziehung derart gering sein, daß sie nicht ausschlaggebend ins Gewicht fallen. Da aus allen diesen Erwägungen eine Erstreckung der Staatsgewalt in den Weltraum nicht angenommen werden kann, ist der Weltraum als freies Gebiet anzusehen, vergleichbar mit dem Luftraum über dem offenen Meer und staatenlosen Gebieten.

II. Die bei einer Erschließung des Weltraums auftauchenden Rechtsfragen

1. Die rechtliche Behandlung der fliegenden Raumfahrzeuge.

Bei einer Erschließung des Weltraums erhebt sich zunächst die Frage nach den Rechtspflichten, die bei der Durchführung von Weltraumfahrten auftauchen. Für die Beantwortung dieser Frage ist einerseits zu unterscheiden, ob sich das Raumfahrzeug bei seinem Flug in dem der Staatsgewalt des betreffenden Bodenstaates unterstehenden Luftraum oder im Weltraum, also im „freien Gebiet“ befindet. Andererseits ist zu prüfen, ob eine unmittelbare oder analoge Anwendung der luftrechtlichen Vorschriften auf den Flug des Raumfahrzeugs möglich ist.

a) Die Frage nach der Anwendbarkeit nationaler oder internationaler Luftverkehrsvorschriften auf fliegende Raumfahrzeuge im Luftraum.

Da die bestehenden internationalen und nationalen luftrechtlichen Vorschriften sich ihrem Wortlaut nach nur auf den Luftraum und den Verkehr von Luftfahrzeugen beziehen sollen und beziehen können, scheidet eine unmittelbare Anwendung dieser Vorschriften auf Raumfahrzeuge aus. Dagegen ist meines Erachtens eine analoge Anwendung luftrechtlicher Bestimmungen, soweit sich aus der Natur der Sache nichts anderes ergibt, auf Raumfahrzeuge beim Auf- oder Abstieg innerhalb des Luftraumes — also beim Durchflug durch die Hoheitsphäre — durchaus möglich und erforderlich. Es ist nicht einzusehen, weshalb Raumfahrzeuge mit der erwähnten Einschränkung innerhalb des Luftraums anders behandelt werden sollten als Luftfahrzeuge. Die Geschwindigkeit, mit der sich ein Raumfahrzeug im Luftraum bewegt, kann kein entscheidendes Moment sein, das hiergegen spräche. Es ist bei der heutigen technischen Entwicklung durchaus möglich, daß sich auch Luftfahrzeuge mit einer Geschwindigkeit im Luftraum bewegen, welche ungefähr der Geschwindigkeit der Raumfahrzeuge — im Luftraum — entspricht. Die Staaten haben auch ein Interesse daran, den gesamten Verkehr in ihrem Luftraum ihrer rechtlichen Ordnung unterwerfen zu können, also sowohl bezüglich der Luftfahrzeuge, als auch der Raumfahrzeuge. Es dürften daher keine Bedenken bestehen, daß z. B. die Vertragsstaaten des „Abkommens zur Vereinheitlichung von Regeln bezüglich der Schäden, die Dritten auf der Erdoberfläche durch Luftfahrzeuge zugefügt werden“ (sogenannten Römischen Haftungsabkommen vom 29. 5. 1933) bei einem Schaden⁶⁾ (z. B. bei Notabwurf durch herabfallende ausgebrannte Raketenteile usw.), der einem unbeteiligten Dritten auf der Erdoberfläche von einem im Flug durch ihren Luftraum befindlichen Raumfahrzeug zugefügt wird, die Vorschriften dieses Abkommens analog anwenden. Der Halter dieses Raumfahrzeuges würde also auch nach dem Grundsatz der reinen Kausalhaftung zu haften haben.

Andererseits ist auch ein in einem bilateralen oder multilateralen⁷⁾ Vertrag festgelegtes Durchflugrecht auf Raumfahrzeuge ohne weiteres anwendbar. Soweit es sich um unbemannte Raketen handelt, ist dies bereits aus Artikel 8 des Abkommens von Chicago zu schließen; diese Bestimmung lautet: „Kein Luftfahrzeug, das imstande ist, unbemannt geflogen zu werden, darf das Gebiet eines Vertragsstaates ohne Führer überfliegen, es sei denn, daß eine besondere Ermächtigung dieses Staates vorliegt und nur gemäß den in der Ermächtigung festgesetzten Bedingungen. Jeder Vertragsstaat übernimmt es, dafür zu sorgen, daß Flüge derartiger unbemannter Luftfahrzeuge in den für Zivilluftfahrzeuge zugänglichen Gebieten so beaufsichtigt werden, daß für die Zivilluftfahrt keine Gefahren entstehen.“ Erst recht ist daher der Durchflug unbemannter Raumfahrzeuge durch fremdes Staatsgebiet von einer „besonderen Ermächtigung“ der betreffenden Staaten abhängig. Ein vertraglich für Luft-

fahrzeuge vereinbartes Durchflugrecht dürfte aber auch auf bemannte Raumfahrzeuge nur analog anwendbar sein, da die besonderen Eigenschaften der Raumfahrzeuge, insbesondere die Stufenraketen, bei denen die ausgebrannten Stufen hintereinander abgestoßen werden, also eine größere Gefährdung hervorrufen, eine direkte Übertragung derartiger luftrechtlicher Vereinbarungen hier der Natur der Sache nach nicht zulassen.

b) Welchen Rechtsregeln unterliegen Raumfahrzeuge im Weltraum?

Im Gegensatz zu dem Verkehr im Luftraum dürfte auf den Verkehr der Raumfahrzeuge im freien Weltraumgebiet eine analoge Anwendung der luftrechtlichen Vorschriften wegen der Verschiedenartigkeit des Weltraums vom Luftraum ausscheiden. Andererseits kann aus der Tatsache des bisherigen Fehlens besonderer Raumfahrtvorschriften aber auch nicht gefolgert werden, daß Raumfahrzeuge im Weltraum jeder Sorgfaltspflicht enthoben sind. Es gibt eine in fast allen Ländern anerkannte sogenannte Verkehrssicherungspflicht, durch welche demjenigen, der eine ihrer Natur nach zu Gefährdungen geeignete Sache in den Verkehr einführt, die Rechtspflicht obliegt, sein Verhalten so einzurichten, daß kein anderer geschädigt oder mehr als vermeidbar behindert oder belästigt wird. Diese Pflicht besteht selbst dann, wenn besondere Vorschriften nicht vorhanden sind. Sie beruht auf dem allgemeinen auch im Völkerrecht geltenden Gemeinschaftsgedanken; danach ist jeder, der durch die Benutzung von Sachen eine Gefahrenquelle schafft, der Allgemeinheit dafür verantwortlich, daß durch diese Benutzung niemand gefährdet wird⁸). *W. Jellinek* hat in diesem Zusammenhang mit Recht von einem „kategorischen Imperativ des Völkerrechts“ gesprochen⁹). Jedem Unternehmer von Weltraumfahrten und jedem Weltraumfahrer wird also, solange keine besonderen Raumfahrtvorschriften vorliegen, die Pflicht obliegen, alles zu tun, um die Schädigung anderer Personen und Sachen zu vermeiden.

Ein Weltraumfahrzeug ist somit keinesfalls im Weltraum „legibus solutus“. Vor Antritt einer Weltraumfahrt wird z. B. das Raumfahrzeug und dessen Personal dahingehend zu überprüfen sein, ob sie den an sie zu stellenden Anforderungen gewachsen sind, damit bei einer Schädigung der Vorwurf der Fahrlässigkeit ausgeschlossen ist. Ein Weltraumfahrer haftet aber auch aus dem allgemein gültigen Gesichtspunkt der Verkehrssicherungspflicht für Schäden, — z. B. herabfallende Gegenstände —, die Dritten auf der Erde oder im Luftraum zugefügt werden. Er wird insbesondere dafür Sorge tragen müssen, daß irgendwelche Teile, die (wie bei den Stufenraketen die ausgebrannten Stufen) vom Raumfahrzeug abgelöst werden, auf unschädliche Weise zum Erdboden oder ins Meer gelangen. Im Weltraum, dem der Zukunft vorbehaltenen Tätigkeitsbereich des Menschen, wird der allgemeine völkerrechtliche Grundsatz, auf größtmögliche Rücksichtnahme auf die Belange anderer, einen besonderen ausgedehnten Anwendungsbereich finden.

Was die Frage anbelangt, welches Recht auf den Raumfahrzeugen gilt, so erscheint eine Übertragung der für den Luftverkehr im freien Luftraum geltenden Regeln richtig. Für alle rechtserheblichen Vorgänge, die sich im freien Luftraum (also über dem offenen Meer und staatenlosen Gebieten) ereignen, ist das Nationalitätsprinzip anzuwenden. Es gilt also das Recht des Staates, dessen Nationalität das Luftfahrzeug besitzt (Flaggenrecht). Im Weltraum sind mithin alle rechtserheblichen Vorgänge an Bord von Raumfahrzeugen nach dem Flaggenrecht der Raumfahrzeuge zu beurteilen.

2. Die rechtliche Behandlung von Raumstationen (Erdsatelliten).

a) Die Zulässigkeit der Errichtung von Raumstationen im Weltraum.

Als rechtliche Vorbilder für etwaige in Zukunft im Weltraum zu errichtende Raumstationen

kommen die „Fluginself“¹⁰⁾ in Frage. Obwohl derartige Raumstationen sich der Natur der Sache von Fluginselfn technisch erheblich unterscheiden, da die Raumstationen im Weltraum — mit oder ohne Antrieb — dauernd in Bewegung sein würden, während die Fluginselfn für eine bestimmte Stelle im Meer gedacht waren, entstanden für die Fluginself ähnliche Rechtsfragen wie jene, die sich in Zukunft für die Raumstationen im Weltraum ergeben werden. Eine Übertragung der für die Errichtung von Fluginselfn anwendbaren Rechtssätze auf die Errichtung von Raumstationen im Weltraum ergibt folgendes Bild: Die Freiheit des Weltraumes stellt für die Errichtung von Raumstationen — ebenso wie das offene Meer für die Fluginselfn — eine gültige Rechtsgrundlage dar. Raumstationen dürfen daher im freien Weltraum errichtet werden, ebenso wie Fluginselfn im freien Meer. Was den bei Fluginselfn aufgetretenen Streit anbelangt, ob diese auch für militärische Zwecke errichtet werden dürfen, so dürfte sich diese Frage auch bei den Raumstationen erheben. Sicherlich können Raumstationen eine ganz erhebliche militärische Bedeutung gewinnen. Die Frage, ob in dieser Beziehung in Zukunft irgendwelche internationalen Vereinbarungen zu treffen sind, ist indessen letzten Endes eine politische Frage; sie kann im Rahmen dieser Arbeit nicht erörtert werden. Die Entscheidung der Frage bleibt der Zukunft ebenso sehr vorbehalten, wie die andere Frage, ob etwaige entsprechende internationale Vereinbarungen von allen beteiligten Staaten auch tatsächlich eingehalten würden.

b) Die rechtliche Behandlung von Raumstationen nach ihrer Errichtung im Weltraum. Was die rechtliche Behandlung von Raumstationen, die im Weltraum errichtet werden, betrifft, so bietet sich wiederum in der „Fluginself“ ein Vorbild zur entsprechenden Betrachtung. Es erheben sich — wie bei den Fluginselfn — die beiden Fragen, ob ein Staat auf den Raumstationen Hoheitsrechte ausüben kann und ob die Raumstationen anderen Rechtsgebilden gleichzuachten sind. Was die erste Frage betrifft, so ist für Fluginselfn die Ansicht, daß diese als Bestandteile des Meeres dessen Rechtsnatur zu folgen hätten, also ebenso wie das Meer selbst als „res communes“ anzusehen seien, mit Recht abgelehnt worden. Das Gleiche muß für zu errichtende Raumstationen angenommen werden; denn wenn einem Staat oder einer Privatperson durch das Völkerrecht erlaubt wird, in einem freien Gebiet — sei es auf offenem Meer oder sei es im Weltraum — Stationen zu errichten, so ist meines Erachtens allein folgerichtig, den Errichtungsvorgang als den für die rechtliche Behandlung maßgebenden Gesichtspunkt anzusehen. Sollte also eine Raumstation durch einen Staat oder von einer Privatperson in dessen Auftrag oder unter seinem Schutz errichtet werden, so würde diese Raumstation allein der Staatsgewalt dieses Staates unterfallen. Nur dieser Staat hätte das Recht, auf der Raumstation die Verwaltung zu führen und die zur Aufrechterhaltung der Ordnung erforderlichen Maßnahmen zu treffen. Ebenso würden die auf der Raumstation befindlichen Personen und Sachen lediglich der Herrschaft seiner Gesetze unterstehen, ebenso wie die sich auf der Raumstation ereignenden rechtserheblichen Vorgänge. Würde eine Raumstation von Privatpersonen errichtet, ohne daß ein Einvernehmen mit ihrem Heimatstaat vorläge, so könnte die Raumstation freilich nicht ipso jure Staatsgebiet des Heimatstaates der betreffenden Privatperson sein; denn eine Privatperson ist rechtlich nicht in der Lage, von sich aus Staatsgebiet zu schaffen oder zu erwerben. Derartige Raumstationen würden — analog den Fluginselfn — privatentdeckten, aber staatlich noch nicht okkupierten Raumstationen gleichstehen und wären in völkerrechtlicher Hinsicht wie staatenlose Gebiete zu behandeln. Das „Comité juridique international de l'aviation“ hat sich auf seinem Kongreß im Jahre 1930 in Budapest dahingehend ausgesprochen, daß Fluginselfn nur unter der Autorität und

Verantwortung eines Staates errichtet werden sollten, ohne Rücksicht darauf, ob es sich hierbei um einen Staat mit Seeküste oder Binnenstaat handele. Bei der Errichtung von Raumstationen dürfte die genannte Forderung stets Wirklichkeit werden; denn es erscheint allein wegen der Höhe der Kosten praktisch ausgeschlossen, daß derartige Raumstationen von Privatpersonen ohne vorherige Zustimmung ihres Heimatstaates errichtet werden.

Was endlich die Frage anlangt, ob für Staaten, die beabsichtigen, im Weltraum Raumstationen zu errichten, eine Verpflichtung besteht, diese Raumstationen der Allgemeinheit zu eröffnen, so daß jeder dort landen könnte, so gelten hierfür die gleichen Grundsätze wie für die Fluginseln. Die Freiheit des Weltraumgebietes hat — ebensowenig wie für Fluginseln die Freiheit des Meeres — zur Folge, daß die Raumstationen ohne weiteres dem Gemeingebrauch offenstehen müßten. Es wird aber andererseits auch für die Raumstationen der Grundsatz aufzustellen sein, daß ein Staat, der eine ihm zugehörige Raumstation der Allgemeinheit freigibt, keine willkürlichen Diskriminierungen vornehmen darf.

Hinsichtlich der zweiten Frage, ob eine Raumstation einem Raumfahrzeug oder einem anderen Rechtsgebilde gleichzuachten ist, ergibt sich folgendes:

Für eine Gleichsetzung einer Raumstation mit einem Raumfahrzeug spricht lediglich die Tatsache, daß beide sich bewegen. Indessen unterscheidet sich eine Raumstation von einem Raumfahrzeug wesentlich nach der Zweckbestimmung. Während der wesentliche Zweck eines Raumfahrzeuges ist, Personen oder Güter zu befördern, ist dies bei einer Raumstation nicht der Fall. Sie ist eine „Aufnahmestation“ für Raumfahrzeuge, die nicht Beförderungszwecken dienen soll. Raumstation einerseits und Raumfahrzeug andererseits werden sich voraussichtlich auch in ihrer äußeren Form grundlegend unterscheiden. Eine Gleichsetzung einer Raumstation mit einem Raumfahrzeug dürfte sich somit verbieten. Ebensowenig kommt der Natur der Sache nach die Gleichsetzung einer Raumstation mit einer „Insel“ in Betracht. Es ergibt sich daher, daß hier das für die Fluginseln gefundene Ergebnis nicht auf Raumstationen übertragen werden kann; während eine Fluginsel in rechtlicher Beziehung einem Schiff gleichzuachten ist, dürfte eine Raumstation als ein Gebilde „sui generis“ anzusehen sein.

¹⁾ Vgl. WELTRAUMFAHRT [1951] Heft 5, S. 97; INTERAVIA [1950] Heft 10, S. 509.

²⁾ Vortrag von A. Meyer auf dem III. Internationalen Astronautischen Kongreß in Stuttgart: „Rechtliche Probleme des Weltraumfluges“, Vortragssammlung des III. IAK, herausgegeben von H. H. Kölle im Auftrag der Gesellschaft für Weltraumforschung e. V. Stuttgart, S. 19 ff. Abgedr. in ZEITSCHRIFT FÜR LUFTRECHT [1953] Heft 1.

³⁾ Auf diese Tatsache hat auch Cooper in seinem kürzlich veröffentlichten Aufsatz „Der Flug in großen Höhen und die nationale Staatsgewalt“ (Revue française [1951] S. 123 ff.) hingewiesen. Vgl. auch Vortrag von A. Meyer (2).

⁴⁾ Cooper, a. a. O., Seite 130: „Eine theoretische Möglichkeit, daß ein Staat weitentfernte Bereiche im Raum beherrscht, kommt überhaupt nicht in Betracht; Riese, Luftrecht, S. 74, Note 10: „Dagegen kann wohl bezweifelt werden, daß heute bereits eine Okkupation der Stratosphäre möglich ist.“

⁵⁾ Vgl. Vortrag von A. Meyer (2).

⁶⁾ Z. B. bei Notabwurf durch herabfallende ausgebrannte Raketenteile usw.; vgl. hierzu Artikel 2, Absatz 2a des Römischen Haftungsabkommens von 1933; hiernach fallen unter den Begriff des Schadens im Sinne des Abkommens auch: „Schäden, die durch einen aus dem Luftfahrzeug fallenden Körper verursacht werden; dies gilt auch bei Abwurf von erlaubtem Ballast oder bei einem Abwurf, der in Not erfolgt.“

⁷⁾ Z. B. Transitvereinbarung von Chicago.

⁸⁾ Vgl. Vortrag von A. Meyer (2); ferner für das deutsche Recht z. B. Jellinek, Verwaltungsrecht, 3. Aufl., 1948, S. 427 ff.; Geigel, Haftpflichtprozeß, 5. Aufl., S. 104. Bezüglich der ausländischen Rechte, Riezler, Haftung für Schädigung durch Schaden nach französischem und englischem Recht; Zeitschrift für ausländisches und internationales Privatrecht [1931] S. 567 ff.

⁹⁾ Vgl. Küntzel, Ungeschriebenes Völkerrecht, 1935, S. 5 mit Note 20a; Friedrich, Völkerrechtliches Nachbarrecht, Diss. Heidelberg, 1949, S. 158; Achtnich, Luftfahrt und Völkerrecht in Friedenszeiten, Diss. Heidelberg, 1950, S. 120, Anm. 69.

¹⁰⁾ Unter einer „Fluginsel“ versteht man ein künstliches Bauwerk, das in den zwanziger Jahren, als eine Nonstopüberquerung des Atlantischen Ozeans noch für undurchführbar gehalten wurde, je nach Konstruktion — durch Verankerung oder Nichtverankerung — zur Sicherung des transozeanischen Luftverkehrs als Zwischen- und Hilfsstation dienen sollte.



Der 4. Internationale Astronautische Kongreß

Wir stehen vor einer neuen Entdeckung der Welt, der zweiten — wenn wir die Eroberung des Weltalls durch den raumfahrenden Menschen der nahen Zukunft mit der Eroberung der Erde durch den seefahrenden Menschen der Vergangenheit vergleichen. Die Fortschritte der Technik und die auf dem 4. internationalen Kongreß für Astronautik in Zürich geäußerten Erwartungen der Fachwelt machen es uns glauben. In Amerika hat man bekanntlich einen neuen Begriff dafür bereit: In jener Zeit, da die noch jungen Vereinigten Staaten den Hauptteil des nordamerikanischen Kontinents Stück für Stück eroberten, gab es immer die „frontier“, die Grenze zwischen zivilisiertem Gebiet und Wildnis, an der die Pioniere in harten Kämpfen dem neuen Staat weitere Teile des Kontinents gewannen; nun steht die ganze Menschheit vor der „letzten Grenze“, die unsichtbar und kaum definierbar zwischen Erdatmosphäre und Weltraum liegt und die zu überschreiten

Wernher von Braun als größte technische Herausforderung aller Zeiten bezeichnete. Der Züricher Kongreß der Astronauten hätte vielleicht eine Demonstration dieser Herausforderung sein können. Die Schweizerische Astronautische Arbeitsgemeinschaft als Gastgeber und ihr rühriger Präsident *Josef Stemmer* hatten es aber mehr auf die stille Arbeit abgesehen. So wurde dieser vierte Kongreß zu einer Manifestation des Willens, utopischen Weltraumideen zielbewußter denn je den Kampf anzusagen und die stille wissenschaftliche Arbeit zu fördern. Klare Erkenntnis für den Zeugen solchen Tuns: Aus dem utopischen Spielzeug von Generationen, denen die Technik noch nicht die Mittel zur Erfüllung ihrer Träume liefern konnte, ist in unserer Zeit ein wohldurchdachtes Vorhaben geworden; das erst fünfzig Jahre alte atmosphärische Zeitalter der Luftfahrt erweitert sich vor unseren Augen zum interplanetarischen der Weltraumfahrt.

Dieser kommende Weltraumflug war in der eben erst abgeschlossenen Zeit der ersten utopischen Romanliteratur immer eine Art „Schuß ins Weltall“. Raketen werden aber nicht abgeschossen, wenn sich auch die Umgangssprache gelegentlich noch der gewohnten Terminologie bedient. Genau so wie vor fünf Jahren zum Flug durch die „Mauer“ der Schallgeschwindigkeit neue Motoren und neue Flugzeuge geschaffen werden mußten, haben die Raketeningenieure neue Mittel und Wege zum Flug über die „Grenze“ zum Weltraum zu finden. Hier wie dort ist aber die Grenze nur fiktiv und eher ein Bereich der Übergänge, aber was dort — in der Luftfahrt — einst als gefährliche Barriere drohte und dann doch seiner Schrecken entkleidet wurde, ist hier nun wirklich ein schier unüberwindlich erscheinendes Gebirge, das immer wieder und bis in alle Ewigkeit erstürmt werden muß: Die Anziehungskraft der Erde. Das ist das Stichwort für die Ingenieure, die als erste aufgerufen sind, den Antrieb für Weltraumflug zu schaffen. Ihr Mittel ist die Rakete, in letzter Konsequenz die Mehrstufenrakete, wie sie uns am praktischen Beispiel der bis auf 400 Kilometer Höhe gekletterten zweistufigen amerikanischen „Bumper“ bekannt geworden ist. Das war nur ein relativ kleines Projektil; die neueren Projekte sind erheblich anspruchsvoller. Immer noch wird *Wernher von Brauns* Satellitenrakete für die Errichtung einer Weltraumstation diskutiert: 80 Meter lang, 6400 Tonnen schwer. Den ungeduldig Wartenden scheint das bescheiden zu erscheinen; den kühl Wägenden kommt es allzu kühn vor; der Fachmann aber bezeichnet Brauns Pläne als konservativ, enthalten sie doch kein Ele-

ment, das es im einzelnen und in bescheidener Form nicht heute schon gäbe.

Trotzdem haben diese Ideen Kritik erfahren. *Milton W. Rosen*, Chef des amerikanischen Viking-Projekts, hat das vorgeschlagene Tempo gerügt. Binnen zehn Jahren eine Raumstation zu schaffen erscheint ihm angesichts der tausendfältigen Schwierigkeiten der Raketeningenieur-Praxis unmöglich. *Rosen* brachte (sein Referat wurde verlesen) ein Beispiel für die Ursachen seiner Zweifel vor: Es hat sich gezeigt, daß fast alle Raketen nicht die errechneten Höhen erreichen, da der Treibstoffvorrat nicht bis zum letzten Tropfen ausgewertet wurde, ein Problem, das dem Praktiker nicht neu ist. Für *Brauns* Satellitenrakete bedeutet das: Statt 1730 nur 500 Kilometer Höhe oder statt 6400 über

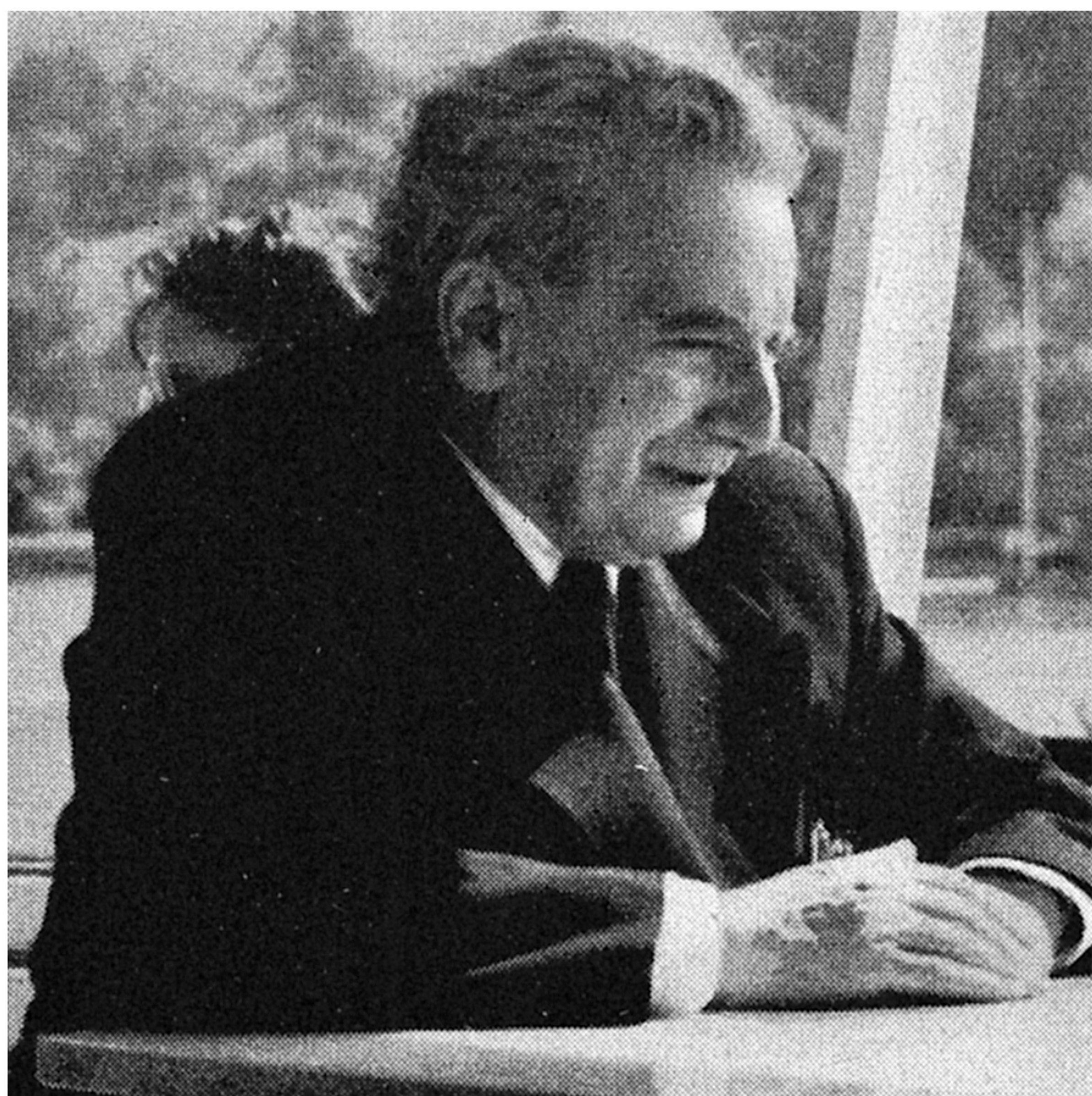
Bild 1 (oben links): Eröffnung des Kongresses im großen Physiksaal der Eidg. Technischen Hochschule.

Bild 2 (rechts): Prof. Dr. *K. Schütte* in bester Stimmung während der schönen Fahrt auf dem Zürichsee.





10000 Tonnen Startgewicht! Derart winzige Ursachen — wenige Kilogramm Treibstoffverschwendung — schaffen also ganz neue Perspektiven. Trotzdem sind *Braun* und *Rosen* keine Gegner; sie streben nach dem gleichen Ziel, nur mit verschiedenen Mitteln; so will es auch *F. C. Durant*, Präsident der Amerikanischen Raketengesellschaft und neu gewählter Präsident der Internationalen Astronautischen Föderation gesehen haben. *Braun* selbst hat die Forderung (auch sein



Referat wurde verlesen) nach einem kombinierten Raumfahrtprogramm erhoben; er hält daran fest, daß dann in etwa zehn Jahren die erste Etappe, der Bau einer Station im Weltraum, zurückgelegt sein kann. Offensichtlich macht sich die Welt von Jahr zu Jahr mehr mit dem Gedanken vertraut, daß Weltraumflug ein gesichertes Ereignis der nahen Zukunft ist. Die große Zahl bedeutender Referate, deren Inhalt hier nicht einmal andeutungsweise wiedergegeben werden kann (es wäre ein vergebliches Unterfangen), unterstrich das noch. Die bedächtigen Schweizer haben wohl am längsten gebraucht, sich dazu zu bekennen; nun, da sie es getan haben, werden sie die Idee mit gewohnter Sorgfalt fördern. Die Astronautik hat gewissermaßen damit schon hier auf der Erde eine letzte Grenze überschritten; die Anwesenheit vieler angesehener Gelehrter, wie Professor *Ackerets*, Professor *Croccos*, Professor *Eugsters* und Professor *von Kàrmàn*s, die Tatsache, daß dem Kongreß Räume der Technischen Hochschule in Zürich zur Verfügung gestellt wurden und nicht zuletzt die Einladung von Kanton und Stadt Zürich am Schlußabend beweisen es. Der deutsche Bundesverkehrsminister sandte dem Kongreß eine Glückwunschartadresse.

Ein Schatten fiel auf die festlichen Tage: Dr. *Günter Loeser*, aktivster Förderer der Astronautischen Föderation und ihr erster Ehrenvizepräsident, ist in den USA. kurz vor dem Kongreß einem Flugzeugunglück erlegen. Siebzehn beteiligte Gesellschaften aus 16 Staaten, Delegierte von über 6000 Mitgliedern in aller Welt ehrten sein Andenken durch die Schaffung der Günter-Loeser-Medaille, die regelmäßig für wissenschaftliche Leistungen verliehen werden soll. Damit

Bild 3 (oben): Frau Dr. *Irene Sänger-Bredt* eröffnete die lange Reihe der Referate mit dem vielbeachteten Vortrag „Thermodynamik der Arbeitsgase für Atomraketen“.

Bild 4 (unten): Prof Dr. *Th. v. Kàrmàn* nahm am Kongreß teil.



wurde ein Vorschlag von Professor *Casiraghi* (Italien) einstimmig gebilligt.

Dr.-Ing. *Eugen Sänger*, drei Jahre lang hochgeschätzter Präsident der Föderation, ließ sich nicht wieder wählen; an seine Stelle trat *F. C. Durant*, der derzeitige Präsident der Amerikanischen Raketengesellschaft. Vizepräsidenten wurden *A. G. Haley* (ARS) und Professor Dr. *Hecht* (GfW). Das permanente Sekretariat bleibt auch weiterhin in Händen des bewährten bisherigen Sekretärs, Ing. *Josef Stemmer* (SAA). Der fünfte Astronautische Kongreß wird im nächsten Jahr in Innsbruck stattfinden.

Dieser bemerkenswerte Kongre¹⁾ in Zürich war mehr als eine große Arbeitstagung; er wurde, wie Professor *Ackeret* erklärte, zu einer großartigen Demonstration internationaler Zusammenarbeit: „Die astronautische Föderation ist eine Eidgenossenschaft internationaler Fachleute!“ Ein Beispiel wurde gegeben, das befruchtend weiter wirken möge.

¹⁾ Das Vortragsprogramm ist ausführlich in den Mitteilungen Nr. 21 der GfW, Juli 1953, wiedergegeben.

Bild 5 (oben): Ing. *Josef Stemmer* hatte als Präsident der Schweizerischen Astronautischen Arbeitsgemeinschaft und Sekretär der Internationalen Astronautischen Föderation doppelte Pflichten. Der Erfolg des Kongresses ist auch sein Erfolg.

Bild 6 (unten): Dr. Ing. *Eugen Sänger*, Präsident der IAF von 1951 bis 1953, sprach über die „Theorie der Photonenraketen“.



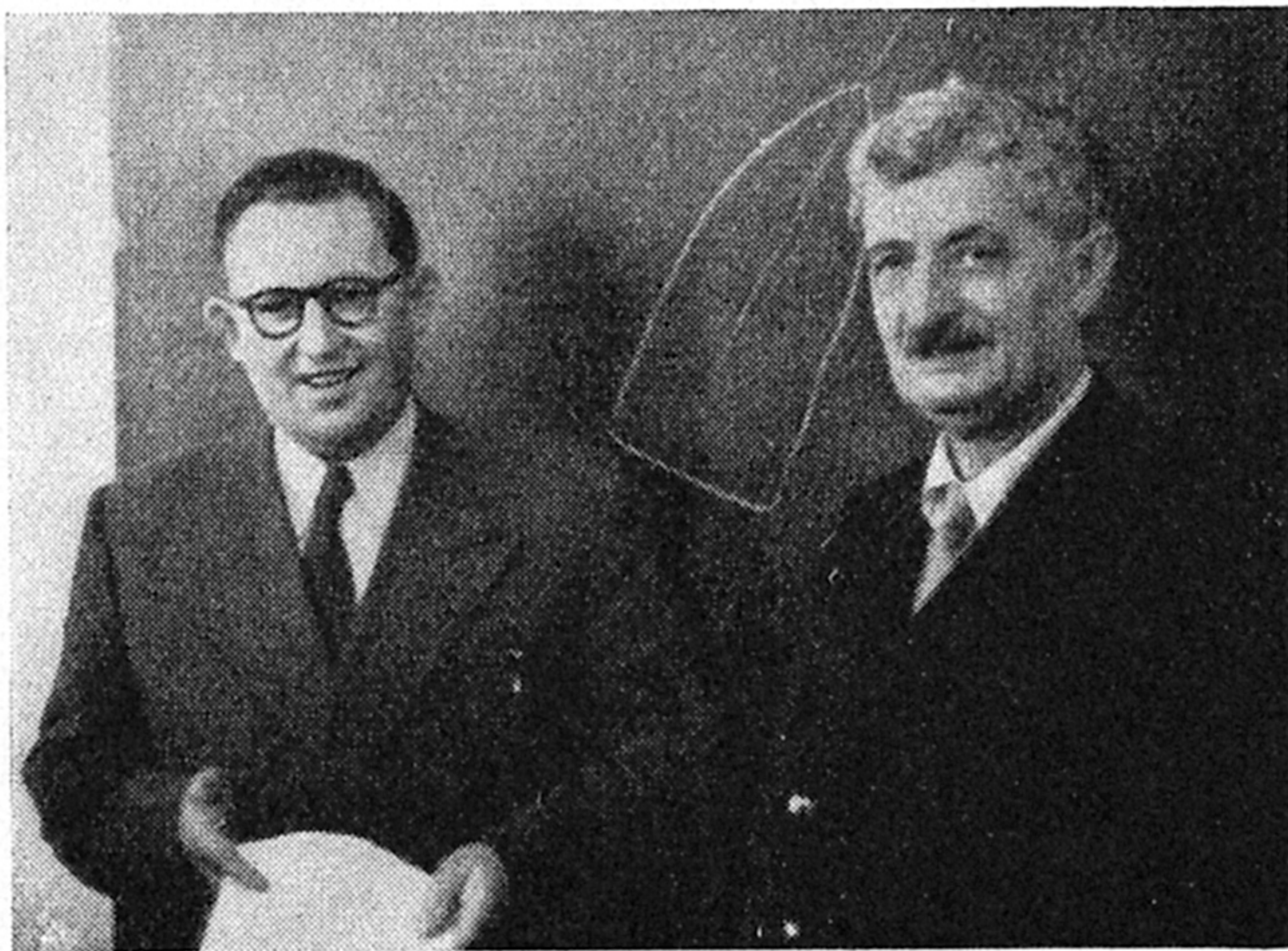
6. Jahreshauptversammlung der GfW

Am 26. und 27. Juni veranstaltete die Gesellschaft für Weltraumforschung e. V. ihre 6. Jahreshauptversammlung seit der Gründung im Jahr 1948, zum ersten Mal außerhalb Stuttgarts. Die Tagung fand im Sitzungssaal des Deutschen Museums in München statt. Sie war organisiert und vorbereitet von der Landesgruppe München-Oberbayern der GfW, deren 1. Vorsitzender, Dipl.-Ing. *Karl Grupp*, sich aller Einzelheiten der Veranstaltungen mit Umsicht angenommen hatte.

Nach der Eröffnung der Veranstaltungen durch Dipl. Ing. *K. Grupp* begannen am Morgen des 26. Juni die Referate, gehalten von *M. Benndorf*, *B. Heim*, *J. Hillermann*, *U. Hübner*, *H. H. Kölle*, Dr. *H. G. L. Krause*, Dr. *R. Merten*, *H. Schley*, Dr. *F. Staab* und Prof. Dr. *B. Thüring*. Das Programm ist in den Mitteilungen Nr. 21 der GfW ausführlich wiedergegeben.

Die Mitgliederversammlung am 27. Juni wurde durch den 1. Vorsitzenden der Gesellschaft, Professor Dr. *Karl Schütte*, eröffnet. Den Geschäftsbericht gab Dipl.-Ing. *Heinz Gartmann*, den Kassenzwischenbericht der Sekretär der Gesellschaft, *Alfred Fritz*.

Der Herr Bundesverkehrsminister übermittelte der Versammlung durch Dr. jur. Dipl.-Ing. *Fr. Gerlach* seine Grüße und Erfolgswünsche.



Professor Hermann Oberth und H. Gartmann

LITERATUR

Bearbeitet von H. Hermann Kölle, GfW

O. Geisteswissenschaften (Literatur, Geschichte, Allgemeines u. a.)

„The Cost of Interplanetary Cargo Transportation I, II“, N. J. Bowman *Journal of Space Flight*, Vol. 4, Nos. 3,4, March, April 1952, pp. 1—10, 1—9.

„Economic Aspects of the Supersonic Jet Transport“, R. E. Hage, R. D. Fitzsimmons, *Aeronautical Eng. Review*, Sept. 1952, pp. 42—45, 9 figs.

„How Far Are We From Space Flight?“, F. C. Durant *Aviation Week*, Vol. 56, no. 21, May 26, 1952, pp. 25, 26, 29, 30, 33, 35 illus.

1. Naturwissenschaften

„Medical Research in Development of Manned Rocket Flight“, H. Haber, *CADO Technical Data Digest*, Vol. 17, No. 2, Feb. 1952, pp. 12, 13, illus.

„Results of Rocket and Meteor Research“, F. L. Whipple *American Meteorological Society*, Bulletin, Vol. 33, No. 1, Jan. 1951, pp. 13—25 illus., 28 Ref.

„Electronic Analog Computers“, G. A. Korn, T. M. Korn McGraw-Hill Book Comp., New York, 1952, 378 pp. illus., diags., figs.

2. Physik

„Temperature Effects in Aeronautics“, W. F. Hilton *Aeroplane*, 10. 4. 1953, S. 462—67, 19 eqs., 8 figs.

„Straight, Swept and Delta Wings“, K. E. Van Every *Aeroplane*, 26. 12. 1952, pp. 840—844, 20 figs., 6 ref.

„Measurement of Heat Transfer and Skin Friction at Supersonic Speeds; Preliminary of Measurements on Flat Plate at Mach Number of 2.5.“; — J. E. Johnson, R. J. Monaghan Gr. Brit., *Aeronautical Research Council*, Current Papers No. 59 1951 (April 1949). 35 pp., illus., 14 Ref.

„The Promise and Problems of Atomic Power“, G. Young *Aeronautical Eng. Review*, August 1952, pp. 22—29, 52, 3 figs., 1 tab. 18 Ref. illus.

„Problems of Transonic Flight“, A. N. Clifton *Royal Aeronautical Soc.*, Journal, Vol. 56, No. 495, March 1952, pp. 155—171.

„The Velocity of Sound in Some Rocket Propellant Liquids“, G. G. Kretschmar. — J. of the *American Rocket Soc.*, Vol. 23, March-April 1953, pp. 82—84, 6 figs., 8 refs.

„Rocket Upper Air Research“, H. E. Newell, Jr., J. W. Siry J. of the *American Rocket Soc.*, Vol. 23, Jan.-Feb. 1953, pp. 7—13, 10 figs. 34 refs.

„Physical Mechanics, a new Field in Engineering Science“, H. S. Tsien J. of the *American Rocket Soc.*, Vol. 23, Jan.-Feb. 1953, pp. 14—16, 35, 14 eqs., 12 refs.

„The Properties of Pure Liquids“, H. S. Tsien J. of the *American Rocket Society*, Vol. 23, Jan.-Feb. 1953, pp. 17 to 24, 35 47 eqs., 16 refs., 3 figs.

„Effect of Vibrational Excitation on the Theoretical Performance of the Stoichiometric Carbon-Oxygen Propellant System“, J. H. Schroeder. — J. of the *American Rocket Soc.*, Vol. 23, Jan.-Feb. 1953 pp. 25-27, 9 eqs., 4 tabs., 8 refs.

3. Chemie

(Treibstoffe, Baustoffe u. a.)

„Developing the Nimonic Alloys“, F.G.S. *Aeroplane*, 23. 1. 1953, 7 figs.

„Quantitative Evaluation of Rocket Propellants“, S. S. Penner, *American Journal of Physics*, Vol. 20, No. 1, Jan. 1952, pp. 26—31, illus. 12 ref.

„Calculated Data for the Combustion with Liquid Oxygen of Water-Diluted Alcohols and Paraffin in Rocket Motors“, I. C. Hutcheon, S. W. Green; — Gt. Brit., *Aeronautical Research Council*, Rep. and Memo. No. 2572, 1951 (Oct. 1947), 13 pp., illus.

„Handling Hydrogen Peroxide“, A. V. Cleaver *de Havilland Gazette*, No. 67, Feb. 1952, pp. 20, 21, illus.

„Handling Hydrogen Peroxide“, — *Flight*, Vol. 61, No. 2246, 8. 2. 1952, p. 155, illus.

„Peroxide Rocket Propellant“ — *Aviation Age*, Vol. 17, No. 4, April 1952, p. 35, illus.

„Plastics at Low Temperatures“, E. A. Smith *Aeronautics*, Vol. 26, No. 3, April 1952, pp. 32, 33, illus.

„Fuels and Combustion“, M. L. Smith, K. W. Stinson McGraw Hill Book Comp., New York, 1952, 340 pp., illus., diags., figs. \$ 6.50.

„Elements of Ceramics“, F. H. Norton Cambridge, Mass., Addison-Wesley Press, Inc., 1952, 246 pp., illus., \$ 6.50

5. Instrumente

„Aircraft Instrument Design“, W. H. Coulthard Verlag Pitman and Sons Ltd., 306 pp., Besprechung *Aeroplane*, 5. 12. 1952, S. 761

„Integrated Instrumentation for Modern Aircraft“, L. S. Beals, Jr. *Aeronautical Engineering Review*, Vol. 11, No. 5, May 1952, pp. 50—54, 2 ref.

„Free Flight Air Drag Measurement Techniques“, A. B. J. Clark, F. T. Harris Appendix. R. E. Roberson. — *Journal of the Aeronautical Sciences*, Vol. 19, No. 6, Jun. 1952. pp. 385—390, illus., 1 ref.

6. Bahnmechanik

„Fundamental Dynamics of Reaction Powered Space Vehicles“, L. N. Thompson *Inst. of Mech. Engineers, Proceedings*, Vol. 164, No. 3, 1951, pp. 264—273, Discussion, pp. 274—280, illus. 9 ref.

„Interplanetary Communications and Navigation“, J. P. Elliot *Journal of Space Flight*, Vol. 4, No. 5, May 1952, pp. 1—6, illus.

„A Method of Landing a Space Ship Under Adverse Climatic Conditions“, M. Conley. — *Journal of Space-flight*, Vol. 4, No. 5, May 1952, p. 6.

7. Strahltriebwerke

„Jet Assisted Take-off“, — W. J. Merboth *Sailplane and Glider*, Vol. 20, No. 2, Feb. 1952, pp. 6, 7, illus.

„The Sprite Rocket Motor“, R. Hawthorne *Aviation Age*, Vol. 17, No. 4, April 1952, pp. 36, 37, illus.

Discussion on „Stability of Flow in a Rocket Motor“ by D. F. Gunder and D. R. Friant.-S. Sherman. — *Journal of applied Mechanics* Vol. 19, No. 1, March 1952, pp. 125, 126, 6 ref.

„Some Experiments on Flow Separation in Rocket Nozzles“, K. Scheller, J. A. Bierlein. — J. of the *American Rocket Soc.*, Vol. 23, No. 1, Jan. 1953 pp. 28—32, 40, — 7 figs., 5 refs.

„Servo-Stabilization of Low-Frequency Oscillations in a Liquid Bipropellant Rocket Motor“, F. E. Marble, D. W. Cox, Jr. J. of the *American Rocket Soc.*, Vol. 23, No. 2, March-April 1953, pp. 63—74, 81, 40 eqs., 16 figs., 7 refs.

„Stability and Control of Liquid Propellant Rocket Systems“, Y. C. Lee, M. R. Gore, C. C. Ross. — J. of the *American Rocket Soc.*, Vol. 23, March-April 1953, pp. 75 to 81, 12 eq., 9 figs., 7 refs.

„On Maximum Evaporation Rates of Liquid Droplets in Rocket Motors“, S. S. Penner, J. of the *American Rocket Soc.*, Vol. 23, March-April 1953, pp. 85—88, 98. 11 eq., 5 figs., 20 refs.

„Combustion Studies in Rocket Motors“, K. Berman, S. H. Cheney, Jr. J. of the *American Rocket Soc.*, Vol. 23, March-April 1953, pp. 89—96, 98 4 eqs., 17 figs., 6 refs.

8. Strahlfahrzeuge

„A Glimpse of the Structural Future“, H. J. Pollard *Aeroplane*, 6. 3. 1953, pp. 291—293, 3 figs., 1 tab.

„Skyrocket Study Yields Highspeed Data“, — *Aviation Week*, Vol. 56, No. 20, May 19, 1952, pp. 25, 26, 28, 30, 33, 35, illus.

„Douglas D-558-II Skyrocket Swept-Wing Rocket Engine Research Aircraft“, — *Flight*, Vol. 61, No. 2259 May 9, 1952, pp. 556—558, illus.

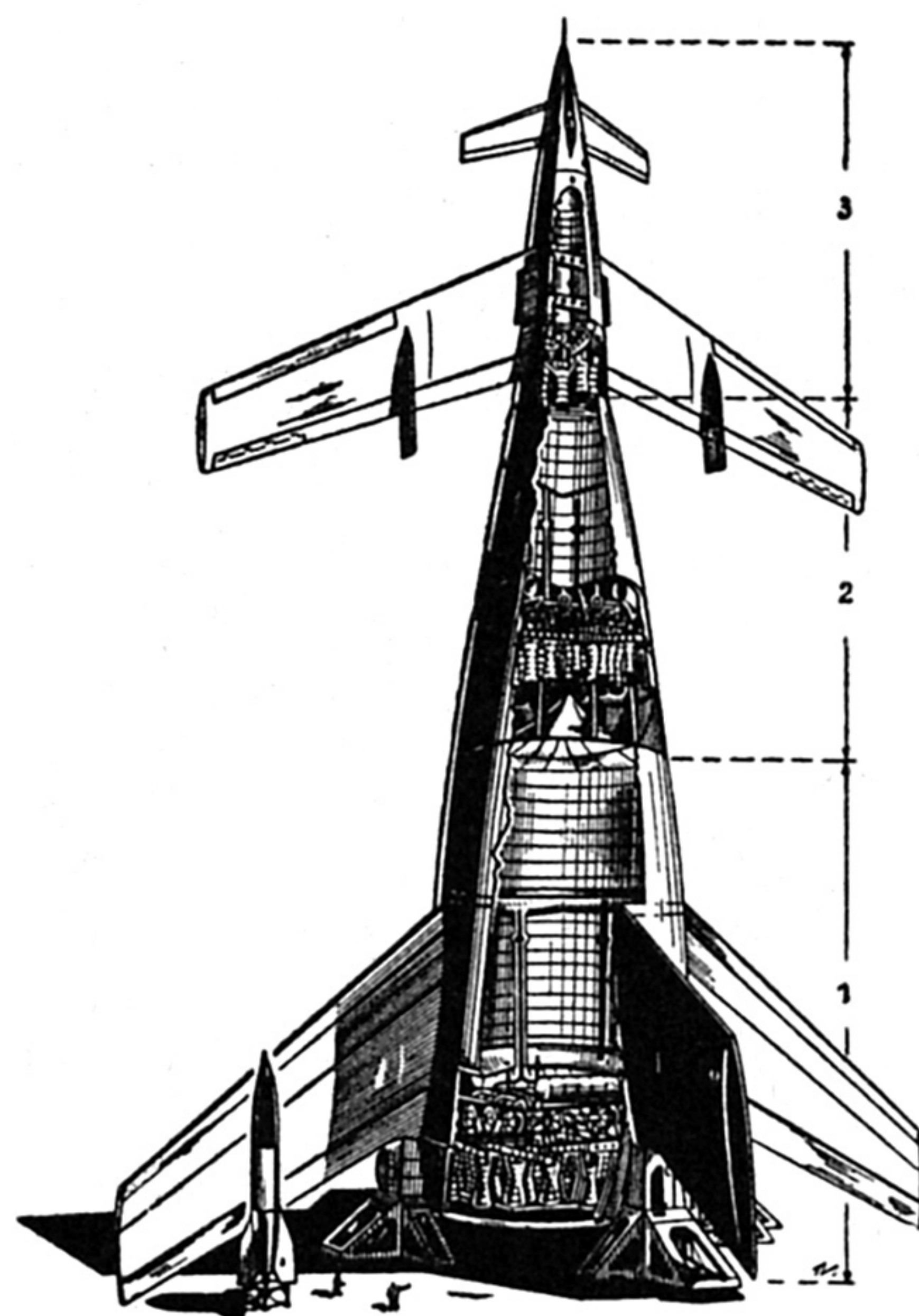
„The Optimum Problem of the Sandwich Plate“, W. Flüge *Journal of applied Mechanics*, Vol. 19, No. 1, March 1952, pp. 104—108 illus., 2 ref.

9. Bodenanlagen

„Peenemünde 1951“, — *Aviation Age*, Vol. 17, No. 2, Feb. 1952, p. 33, illus.

„Guided Missile Center“, J. T. Lewis *Ordnance*, Vol. 36, No. 191, March-April 1952, pp. 842—844, illus.

„Guided Missile Test Center“, J. B. Wynn, Jr., and Sam L. Ackerman *Electronics*, Vol. 25, No. 5, May 1952, pp. 106—111, illus.



Dreistufige Rakete von v. Braun; nach dem Original in „Station im Weltraum“ (S. Fischer-Verlag) neu gezeichnet von Th. Lässig.

Der neue Präsident der IAF

Frederick C. Durant wurde auf dem 4. Internationalen Astronautischen Kongreß in Zürich zum neuen Präsidenten der Internationalen Astronautischen Föderation gewählt. Er übernimmt damit das Amt, das Dr.-Ing. *Eugen Sänger* drei Jahre lang erfolgreich ausübte. *F. C. Durant* ist Mitglied der American Rocket Society seit 1948. Er studierte an der Lehigh Universität und ist seitdem in der Forschung und Entwicklung tätig. Nach dem Krieg arbeitete er bei der Bell Aircraft Corp. in der Raketenforschung und eine Zeitlang bei der Naval Air Rocket Test Station, Lake Denmark, N.J. Er war Vorstandsmitglied der ARS seit 1949, Vizepräsident 1952 und ist zur Zeit Präsident der ARS.



BÜCHER

Raketenflug ins Weltall

Von Felix Linke. 278 Seiten, 150 Abb. im Text und auf 16 Tafeln Franzis-Verlag, München, 1953.

Der Verfasser sagt in seinem Vorwort: „Dieses Buch beabsichtigt nichts Geringeres, als den Weg der Eroberung der planetarischen Nachbarschaft unserer Erde durch den Menschen darzustellen.“

Das ist ein anspruchsvolles Vorhaben; gemessen an der Fülle des verarbeiteten Materials ist es dem Verfasser gelungen. Was für eine Fleißarbeit! Hier ist zusammengetragen, was immer erreichbar war. So findet man eine große Zahl von Daten, Informationen und nicht zuletzt recht anschaulichen Bildern. Das Ganze ist lebendig und daher praktisch an keiner Stelle langweilig, zumal der Humor keinesfalls fehlt. Ein Buch also, an das man einen strengen Maßstab legen muß, zumal es, wie es ebenfalls im Vorwort heißt, der Verbreitung naturkundlichen und technischen Wissens und Denkens dienen soll. Der Rezensent bedauert, daß die Darstellung stellenweise nicht der Kritik standhält. Nur einige Beispiele, wahllos herausgegriffen: Mit den Dimensionen wird zu leichtfertig umgegangen, z. B. „für ganz kurze Zeit dürfte die Andruckfestigkeit noch viel höher hinaufgehen und sicher 200 m (!) betragen“ oder „daß wir mit 30 km Geschwindigkeit um die Sonne sausen“ oder gar „Eine Beschleunigung von g bedeutet also, daß der betreffende Körper in der Sekunde um 4,9 m an Geschwindigkeit zunimmt. Bei 5 g würde das 24 m in der Sekunde mehr bedeuten. Man stelle sich das richtig vor: Beim Fliegen sollen alle Teile des Organismus, ob zart oder grob, in einer einzigen Sekunde um fast 25 m beschleunigt werden...“ Gelegentlich wird statt Geschwindigkeit der Begriff „Eile“ verwendet. Auch daß die V 2 komprimierten Sauerstoff mit sich führte, ist unrichtig, und zumindest ungenau ist die Angabe, daß der Sauerstoff als Kühlmittel verwendet und als „heißes Gas“ in die Brennkammer gespritzt wird.

H. Gartmann

Teleskope — Raketen — Gestirne

Von Werner Büdeler. 256 Seiten, mit Fotos auf 24 Kunstdrucktafeln und zahlreichen Strichzeichnungen. Verlag Paul Müller, München 1953.

In der Reihe „Die Welt von heute“ ist dieses volkstümliche Werk als 4. Band erschienen, das uns in drei Hauptteilen den Weg der Erforschung des Weltalls von den Anfängen bis zu den Vorbereitungen der Weltraumfahrt in unseren Tagen miterleben läßt. Das Buch will den Leser nicht nach Art einer „populären Himmelskunde“ in alle Teilgebiete der Astronomie einführen. Es wählt die drei interessantesten Kapitel heraus und vermittelt dabei ganz am Rande die wichtigsten Ergebnisse der gesamten Forschung. Das erste Kapitel bringt — nach einem kurzen Überblick über die Entwicklung der astronomischen Instrumente und Beobachtungskunst und die gewonnenen Resultate — die Geschichte des größten Fernrohrs der Welt, des 5-Meter-Spiegels auf dem Mt. Palomar, mit einer eindrucksvollen Schilderung seines technischen Aufbaus und seiner Aufgaben. Von der geistigen zur physischen Eroberung des Universums fortschreitend, folgt eine kurze Geschichte der Rakete bis zur Entwicklung in der neuesten Zeit. Die Grundprobleme der Raumfahrt, Fragen der Außenstation, des interplanetarischen Verkehrs und biologisch-medizinische Probleme, werden sehr lebendig behandelt und durch Beispiele aus der Entwicklung veranschaulicht. Der letzte Teil behandelt das „menschlichste“ Kapitel der Weltallforschung, die Frage nach der Bewohntheit anderer Himmelskörper. Hier findet der Leser alles Interessante, das wir heute über die Verhältnisse auf dem Mond und auf fremden Planeten wissen.

Die Darstellung ist klar, wissenschaftlich tadellos fundiert und überaus anschaulich und spannend gehalten. Sie wird durch bestes Fotomaterial und zahlreiche, instruktive Textabbildungen unterstützt. Ein außerordentlich erfreuliches Buch!

Hans H. Kaiser

Menschen zwischen den Planeten

Von F. L. Neher. 587 Seiten, 6 Bildtafeln von Heinz Hähnel und Georg Koschinski. Mit einem Vorwort und nach einer Anregung von Professor Wernher von Braun. Bechtle Verlag, Eßlingen, 1953.

Wernher von Braun sagt im Vorwort: „Menschen zwischen den Planeten“ ist nicht ein weiterer Beitrag zu jener langen Reihe utopischer Romane über den Weltraumflug, die die Grenzen von phantastischer Spekulation und realen Möglichkeiten in so bedenklicher Weise verwischt haben. Es ist vielmehr eine ebenso nachdenkliche wie farbenfrohe Erzählung darüber, wie der Vorstoß des Menschen in den Weltraum sich aus der Jetztzeit heraus in naher Zukunft entwickeln mag. Es ist ein Buch, in dem der Gedankenflug des Dichters von den Zügel gelehrt wurde, die die Technik ihm auferlegt hat.“

Der Autor führt uns zu Beginn mitten hinein in den auf Messers Schneide stehenden Ost-West-Konflikt. Die westliche Welt, die im Wettrennen um die „Weltraumherrschaft“ etwas schneller war, verhindert, allein durch die Existenz ihrer Außenstation, den Ausbruch eines dritten, alles zerstörenden Weltkrieges. In einer Rückblendung erlebt man dann mit, wie der künstliche Satellit „Supraterra“ geplant, und gebaut wird. Bei der ersten Bezwingung des Raumes fehlt es natürlich auch nicht an Rückschlägen und Opfern. In der zweiten Hälfte des Buches wird man in die nun geeinte und friedliche Welt geführt, in der es weder Staatsgrenzen noch sonstige Einrichtungen ähnlicher Art gibt. Die Menschheit hat jetzt Zeit und Mittel, sich anderen Aufgaben zu widmen: Sie will ihre Nachbarwelten kennenlernen. Eine Expedition, bestehend aus 10 Raumschiffen, startet zum Mars. Ausschlaggebend für die Durchführung dieser Expedition sind die sagemumwobenen „Marskanäle“. Was die Expeditionsteilnehmer während ihrer langen Weltraumreise nun erleben, und was sie auf dem Mars erwartet, wird sehr realistisch und packend geschildert, zweifellos ein Höhepunkt dieser Literaturgattung! Es wird gezeigt, daß der Vorstoß zu anderen Planeten keine interessante und abwechslungsreiche Reise ist. Diese positive Bewertung muß aber an manchen Stellen eingeschränkt werden. Manche Schwächen scheinen mit dem Bestreben des Verfassers verbunden zu sein, unbedingt neue Worte und Begriffe zu bilden. Wenn man liest, daß sich die Besatzung der auf einer Kreisbahn um die Erde bewegenden Rakete nicht im Zustand Schwerelosigkeit, sondern in „Umlaufschwebung“ befinde, muß man annehmen, daß der Autor sich nicht ganz darüber im klaren ist, wann Schwere auftritt und wann sie verschwindet. Ferner: Unendlich schneller Raketenstrahl bei reinen Atomraketen; Meteor-Kollisionsschutzgerät auf Radar-Basis; Gleichsetzung von Exosphäre und Weltraum; Schutz der Erde vor Höhenstrahlung durch die Ozonschicht usw. Auch wenn davon gesprochen wird, daß das Raumschiff das Schwerfeld der Erde verläßt, und nun die Anziehungskraft der Sonne wirksam wird, so ist dies zumindest eine irreführende Ausdrucksweise. Störend wirkt die zu oft angewandte Schreibweise in Satzfragmenten und einzelnen Worten. Auch die häufige Aneinanderreihung ein und desselben Wortes oder Satzes in mehreren Sprachen scheint dem Referenten nicht den stilistischen Gesamteindruck zu fördern. Abschließend kann jedoch gesagt werden, daß das vorliegende Buch zu den guten Raumfahrtromanen zählt.

W. Haas

Vom Feuerpfeil zum Weltraumschiff

Von Heinz Gartmann. 104 Seiten, 29 Abbildungen und 8 Tafeln. Wilhelm Andermann Verlag, München, 1953.

Mit dem vorliegenden Büchlein hat sich der Verfasser die Aufgabe gestellt, die durch utopische Geschichten entstandene Verwirrung zu beseitigen, den jungen Lesern klare Eindrücke und Begriffe zu vermitteln und sie dabei doch gut zu unterhalten. Man kann wohl sagen, daß er diese Aufgabe in vorbildlicher Weise gelöst hat. Auf 104 Seiten wird in sehr anschaulicher und unterhaltsamer Weise all das geboten, was für den Raketenflug von grundsätzlicher Bedeutung ist, was schon erreicht ist und was noch geplant wird. Besonders das erstere ist durch schöne Originalaufnahmen in eindrucksvoller Form illustriert. Wer das Büchlein zur Hand nimmt, wird es sicher in einem Zuge lesen, und man möchte wünschen, daß es recht viele von den „Jüngern ab 14“ in die Hand nehmen. Diejenigen von ihnen, welche der Schule noch nicht entwachsen sind und Raketeningenieure werden wollen, werden hier ihre erste ernsthafte Anregung erhalten. Die großen Jungen, die nicht vom Fach sind, können sich in anregender und unterhaltsamer Form über das Erreichte orientieren, um das Ziel der künftigen Entwicklung zu erkennen. Der trotz vorzüglicher Ausstattung niedrige Preis von DM 3,25 dürfte einer weiten Verbreitung des Büchleins sehr förderlich sein. Auf Seite 81, Zeile 5 von oben möge der Leser die vom Druckfehlerteufel auf dem Mond entdeckte kosmetische Materie wieder in kosmische Materie zurückverwandeln.

Werner Schaub

Das neue Universum, Der gute Kamerad

Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1953.

Da sind sie wieder, und es ist nicht etwa eine durch erfüllte Vorfreude beeinflusste Meinung, wenn man gleich beim Aufschlagen feststellt: Schöner und besser denn je! Und das will nach 70 Jahren „Universum“ und 61 Jahren mit dem „guten Kamerad“ schon etwas heißen. Das ältere der beiden Jahrbücher ist unter der bewährten Redaktion von Heinz Bochmann äußerlich moderner geworden. Es steht ihm wohl zu Gesicht. Der Inhalt: Erzählungen (darunter die prächtig glossierende utopische Geschichte „Wahrscheinlichkeit Null“), Berichte von nah und fern, Artikel aus Industrie und Handwerk, über Technik und Bauwerke, Elektrotechnik, Physik, Chemie, Kunst, Kultur, Astronomie, Sport usw. — insgesamt 70 Beiträge, 500 Bilder, 15 Farbtafeln und 2 farbige Ausklapptafeln; was für eine Fundgrube (auch für die Eltern)! Nicht anders „Der Gute Kamerad“ (Redaktion Götz Weihmann): Rund um den Globus, Erzählungen, Welt des Lebendigen, Technik und Wissenschaft, Sport, für helle Köpfe usw., alles belebt durch 350 Bilder und 8 Farbtafeln. Auch diesen Band wird Vater schon vor Weihnachten lesen. Leider sind die beiden Bände in jedem Jahr viel zu früh vergriffen, und in diesem Jahr wird man sich mehr denn je um sie reißen. R. Knittel

Bildnachweis: Titelbild: Werkfoto, aus dem Archiv des B.I.S. Journals mit freundl. Gen. d. B.I.S.; S. 97: Privat; S. 101, 103: Verfasser; S. 108: NACA; S. 109: North American Aviation Inc., mit freundl. Gen. d. B.I.S.; S. 114: Verfasser; S. 115: Werkfoto; S. 122: Fritz; S. 123: Kölle; S. 124: Fritz und Kölle; S. 125: Kölle; S. 128: Haas.

The British Interplanetary Society

THE DETROIT ROCKET SOCIETY, INC.

SOCIEDAD ARGENTINA INTERPLANETARIA

EL HOMBRE HACIA EL UNIVERSO

PACIFIC ROCKET SOCIETY

Bulletin

Österreichische Gesellschaft für Weltraumforschung
INNSBRUCK - AUSTRIA

SCHWEIZERISCHE ASTRONAUTISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT
GROUPEMENT ASTRONAUTIQUE SUISSE
SAA

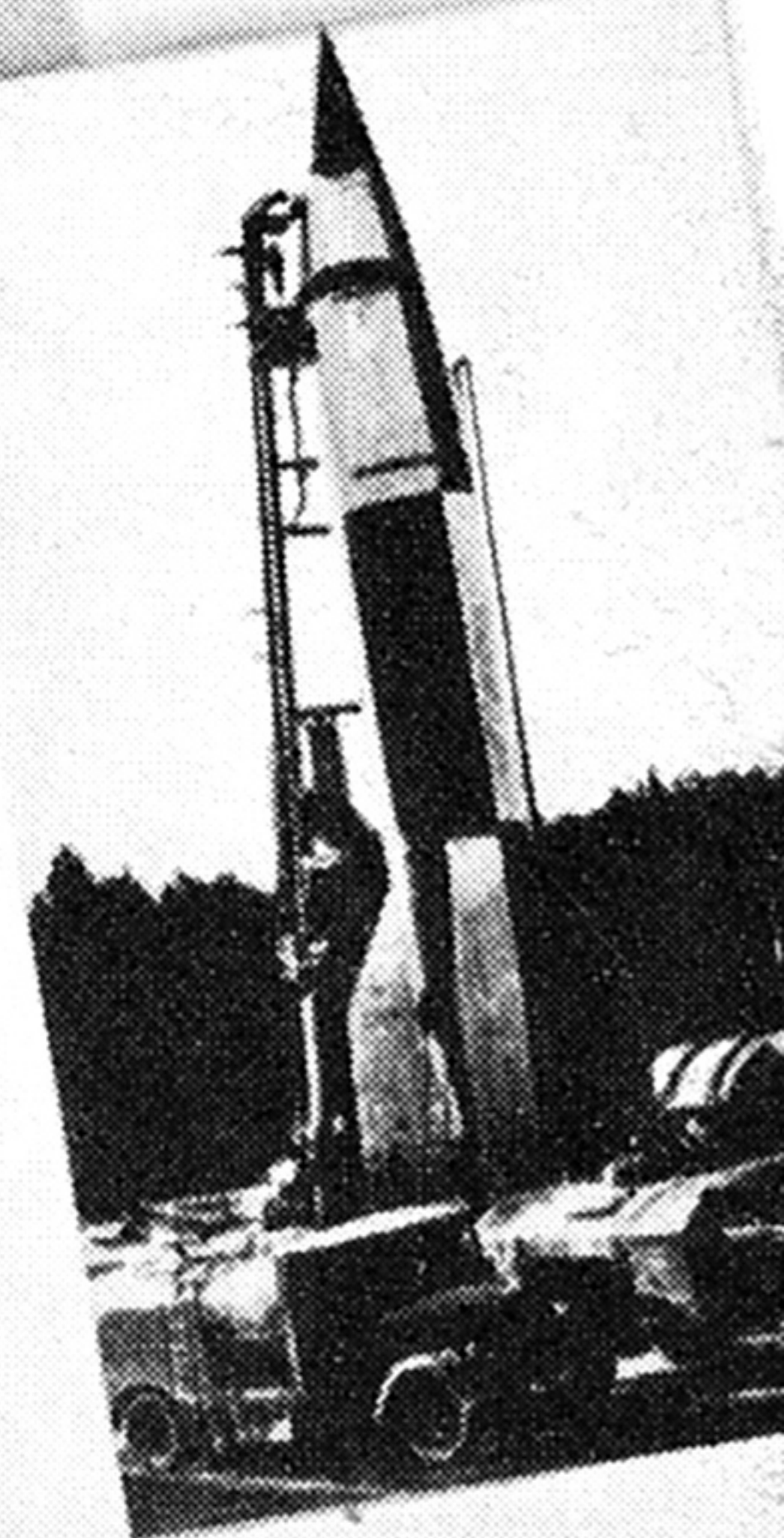
GESELLSCHAFT FÜR WELTRAUMFORSCHUNG E.V.
MITGLIED DER "INTERNATIONAL ASTRONAUTICAL FEDERATION" (HILF, BASEL, SCHWEIZ)

AMERICAN ROCKET SOCIETY, INC.
29 WEST 85TH STREET
NEW YORK 18, N. Y.

SVENSKA INTERPLANETARISKA SÄLLSKAPET
INTERNATIONAL ASTRONAUTICAL FEDERATION

THE AMERICAN
ROCKET SOCIETY

Whether you are now working or just waiting in the fields of rocketry, guided missiles or jet propulsion—you owe it to yourself to join this famous technical society. Enjoy its many meetings! Have challenging work! Read worthwhile articles! Help new, colorful journal! Help our country lead!



Die astronautischen Gesellschaften 1953

American Rocket Society	2301
Association Italiana Razzi	105
British Interplanetary Society	2250
Chicago Rocket Society	100
Detroit Rocket Society	100
Dansk Selskab for Rumfarts- Forskning	45
Gesellschaft für Weltraumforschung	714
Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart	160
Norsk Interplanetarisk Selskap	50
Österreichische Gesellschaft für Weltraumforschung	122
Pacific Rocket Society	200
Reaction Research Society	100
Sociedad Argentina Interplanetaria	184
Schweizerische Astronautische Arbeitsgemeinschaft	62
Svenska Interplanetariska Sällskapet	42
Yugoslavian Astronautical Society	65
South African Astronautical Society	44
Philadelphia Astronautical Society	50
Asociacion Espanola de Astronautica	70

WELTRAUMFAHRT

Beiträge zur Weltraumforschung und Astronautik

4. Jahrgang
1953



Umschau Verlag / Frankfurt am Main

Autoren und Beiträge

Bachem, Dipl.-Ing. Erich	
Einige grundsätzliche Probleme des Starts bemannter Raketen	78
Gartmann, Dipl.-Ing. Heinz	
Vorspiel zur Weltraumfahrt	34
Die Evolution des Raumfahrzeugs	36
Gerathewohl, Dr. Siegfried J.	
Die Psychophysiologie der Beschleunigungswirkung	15
Physik und Psychophysik der Gewichtlosigkeit	44
Haber, Dr. Heinz	
Physik und Psychophysik der Gewichtlosigkeit	44
Hecht, Prof. Dr. Friedrich	
Chemische Probleme des Weltraumfluges	3
Kölle, H. Hermann	
Zur Bestimmung des optimalen Brennkammerdrucks von Raketentriebwerken	9
Wege zur Raumfahrtforschung	33
Der Einfluß der Triebwerksdaten auf die Flugleistung	68
Krause, Dr. H. G. L.	
Allgemeine Theorie der Stufenrakete	52
Loeser, Dr. Günter	
Das Fundament der Internationalen Astronautischen Föderation	1
Nininger, H. H.	
Gibt es auf dem Mond einen Tunnel?	
Riedel, W. H. J. — Kaiser, Hans K.	28
Ein Kapitel Raketengeschichte der neueren Zeit	86
Schaub, Prof. Dr. Werner	
Der innere Marsmond Phobos — ein Mond in Auflösung?	65
Schütte, Prof. Dr. Karl	
Die Bahnbestimmung aus dem Vektor der Bahngeschwindigkeit und der Einfluß einer Änderung desselben auf die Bahnelemente	98
Stoelzel, Heinz	
Zur Erprobung von kleinen Flüssigkeitsraketen	82
Strughold, Prof. Dr. H.	
Das Leben auf dem Mars	24
Thüring, Prof. Dr. Bruno	
Über die Bedeutung der modernen programmgesteuerten Großrechenmaschinen für die Weltraumforschung	110
Welf Heinrich Prinz von Hannover	
Die Rechtsprobleme des Weltraumes	116
Winterberg, Friedwart	
Grundsätzliches zum Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen und zur Wärmeabgabe durch Strahlung auf der Außenstation	75

Besprochene Bücher

Asimov, Isaac, Ich, der Robot	30
Bastian, Hartmut, Weltall und Urwelt	96
Bley, Wulf, Sie waren die Ersten	63
Braun, Wernher von e. a. Station im Weltraum	62
Büdeler, Werner, Teleskope, Raketen, Gestirne	128
Bueren, Godfried, Wie sieht die Sonne aus?	63
Burgess, Eric, Rocket Propulsion	30
Dolezal, Erich, Sternkalender 1953	96
Dominik, Hans, Land aus Feuer und Wasser	63
Dornberger, Walter, V 2, der Schuß ins Weltall	61
Gartmann, Heinz, Vom Feuerpfeil zum Weltraumschiff	U-128
Gatland, Kenneth W., Development of the Guided Missile	30
Goethe, Johann Wolfgang, Weltraumfahrt, Utopie oder Wirklichkeit?	61
Guny, Hans, Der Kristall des Sirius	63
Heinlein, Robert A., Weltraum-Piloten	30
—, Der rote Planet	31
Jordan, Pascual, Schwerkraft und Weltall	61

Lasswitz, Erich, Im Zaubermantel der Zeit	62
Ley, Willy, Die Eroberung des Weltalls	30
Linke, Felix, Raketenflug ins Weltall	128
Neher, F. L., Menschen zwischen den Planeten	U-128
Oswatitsch, Klaus, Gasdynamik	95
Sänger, Eugen und Sänger-Bredt, Irene, Probleme der Strahl- und Raketenantriebe	95
Scheer, K. H., Romane aus dem Jahr 2200	96
Schneider, Justus, Kleines Kolleg der Luftfahrtmedizin	96
Stemmer, Josef, Raketenantriebe	61
Tillmann, Hans und Classen, Gerhard, Humor in der Technik	63
White, Clayton S. und Benson, Otis O. jr., Physics and Medicine of the Upper Atmosphere	30
Das Neue Universum, Band 69	30
Das Neue Universum, Band 70	U-128
Der Gute Kamerad, Band 60	30
Der Gute Kamerad, Band 61	U-128

Bilder*)

„A 4“	39, U-65	NACA-Raketenmodell	108
„A 4“-Einspritzdüsen	29	NATIV-Rakete	109
„Aerobee“	91, 92, 93	„Natter“	79, 80, 81
Astronautische Gesellschaften	U-128	Prüfstand in USA.	Titel Heft 3
Ausstellung in Nürnberg	31	Prüfstand (kleiner)	82
Braun, Wernher von	37	Raketenabschuß	85
Brennkammer	87	Raketen, Englische	60
„Bumper“	39	Raketenwagen	86, 88
Deutsches Raketen- und Raumfahrt-Museum	U-32	Rosen, Milton W.	37, Titel Heft 2
Durant, Frederick C.	128	Sänger-Bredt, Irene	124
Erprobung kleiner Flüssigkeitsraketen	83	Sänger, Eugen	125
GfW-Vorstand	64	Satellitenrakete	37, 39
Hermes-Rakete	Titel Heft 4	Schütte, Karl	123
Jahreshauptversammlung der GfW (4.)	20	Schwerelosigkeit (weiße Mäuse)	94
Johnston, Alvin T.	Titel Heft 1	Stemmer, Josef	21, 125
Kármán, Th. von	124	Stratosphärenanzug	51, Titel Heft 1
Kleinraketen	84	Tierversuche	92, 94
Kölle, H. Hermann	22	Valier, Max	86, 89
Kongreß, 4. — Internationaler Astronautischer	122	„Veronika“	23
Loeser, Günter	97	„Viking“	27, 37, 39, 40, 43, Titel Heft 2
Marsschiff	39	„WAC Corporal“	39
Mondschiff	39, 41	Zuse-Rechenmaschine	115

*) ohne Diagramme

Redaktionelle Beiträge

Aus der Arbeit der GfW	U-32	Diplomarbeiten auf dem Gebiet der Astronautik	115
Brief an den Herausgeber	U-33	Eine neue französische Rakete „Veronika“	23
Der 4. Internationale Astronautische Kongreß	122	Fünf Jahre Gesellschaft für Weltraumforschung	20
Der neue Präsident der IAF	128	Heinz Hermann Kölle	22
Der Raumanzug ist da	50	Irgendwo in England	60
Die 6. Jahreshauptversammlung der GfW	126	Loeser, Dr. Günter †	97
Die neue Viking	43	Raketenflüge von Tieren	91
Die Vorträge des 3. Internationalen Astro-		Bücher:	30, 61, 95, 128
nautischen Kongresses	2	Nachrichten und Kurzberichte:	31, 59, 63, 77, 85

Register

„A 4“-Rakete	29, 31, 39, 61, U-65, 70, 71, 91	Affen	92
Aberporth	60	Aluminium-Borhydrid	3
Ackeret, J.	U-97, 124	American Rocket Society	32, 63
„Aerobee“-Rakete	6, 59, 91, 92, 93	Anomalien der Wendepunkte	102

Antriebsvermögen	54, 69	Dualzahlensystem	112
Antriebsvermögen, Ideales	54	Düsenkennwerte	13
Arbeitsgemeinschaften der GfW	U-32	<i>Durant, Frederick C.</i>	32, 125, 128
Arizona-Krater	28	Durchflugrecht	118
Astrochemie	8		
Atmosphäre, Zusammensetzung	6	Ehrenbuch der Astronautik	21, 31
Atmung, Anaerobische	25	Ehrenmitgliedschaft der GfW	21
Atmung bei Andruck	16	Ehrenring der GfW	21
Atommotore	6	„Einheitsofen“	89
Atomrakete	3, 69	Einstein-Debyesche Theorie	76
Auspuffgeschwindigkeit, siehe Ausström- geschwindigkeit		Ellipsen, Monofokale	103, 104
Außenstation 5, 8, 34, 35, 36, 64, 65, 66, 75, 76, U-97, 119		Ellipsen, Polargleichung	99
Außenstation, Kosten	42	Energieintegral	99
Außenstation, Rechtliche Behandlung	119	<i>Engel, Rolf</i>	20
Außenstation, Verwaltung	120	Erdbeschleunigung	17
Ausstellung „Raketen und Raumfahrt“	29, 33, 59	Ernährungschemie	5
Ausströmgeschwindigkeit	69, 87	Ernst-Heinkel-Preis für Raumfahrtforschung	21
		<i>Eugster, Jakob</i>	124
		Eurhythmie	25
Bahnbeschleunigung, Säkulare	67		
Bahnbestimmung	98, 104	Fallgefühl	46
Bahnexzentrizität	98	Flaggenrecht	119
Bakterien, Thermophile	24	Flugbahnatlas	111
Bauaufwand	53	Flugbahnberechnungen	114
Baufaktor	53	Fluginselfn	119
Bauindex	53	Flugleistung von Raketen	68
Baukennzahl	54	Fluorkohlenstoffe	5
Baustoffe für Raumschiffe	3	Flüssigkeitsraketen, Erste	89
Behältergewicht	70	Flutkräfte	66, 67
Beherrschung des Weltraumes	117	Föderation, Internationale Astronautische 1, 6, 31, 33, 35	
<i>Benndorf, Max</i>	126	Forschungsreihe der GfW	21, 22, 23
Beschleunigung	18	<i>Fritz, Alfred</i>	31, 33, 64
Beschleunigungsempfindungen	50		
Beschleunigungswerte (Wirkzeit)	16	<i>Gartmann, Heinz</i>	20, 21, 64
Beschleunigungswirkung auf Menschen	15	Gasanalyse	6
Bewegungskontrolle des menschlichen Körpers	45	Geiger-Müller-Zählrohr	7
Bewegungsrezeptoren	46, 47, 49	<i>Gerhards, J.</i>	20
Bibliothek der GfW	21	<i>Gerlach, Fritz</i>	21, 64, 126
Biochemie	7	Gesamtgewicht	53
Borhydrid	3	Gesamtmassenverhältnis, Ideales	54
Boride, Feuerfeste	4	Gesamtstrukturverhältnis	54
Bor-Trifluorid	3	Geschwindigkeit, Charakteristische, siehe Antriebs- vermögen	
<i>Braun, Wernher von</i> 21, 34, 35, 36, 37, 38, 78, 86, 122		Geschwindigkeitsvektor	98
Brennkammerdruck	9	Gesellschaften, Astronautische	63
Brennkammer des „A 4“	29	Gesellschaft für Weltraumforschung e. V.	
Brennstoffe siehe Treibstoffe			1, 2, 20, 31, 33, 34, 59, 63, 64, 77, 126
British Interplanetary Society	1, 39, 42, 63, 77	Gewichtslosigkeit	44
Bruttogewicht	53	Grundverhältnis	54, 55, 56, 57, 59, 69, 70, 71
„Bumper“	39	<i>Grupp, Karl</i>	126
<i>Bunde, Karl</i>	20	Günter-Loeser-Medaille	124
Carnotscher Wirkungsgrad	75		
Cauchyscher Satz	55	Hagelraketen	82
Chemie, Astronautische	8	<i>Haley, A. G.</i>	32, 125
Chlor-Trifluorid	3	Hartstoffe	4
<i>Cleaver, A. V.</i>	39, 42, 77, 126	Hauptgleichung der Bahnbestimmung	102, 107
		Hayden-Planetarium	38, 42
Dansk Selskab for Rumfarts-Forskning	32	<i>Hecht, F.</i>	125
Deformation, Elastische	44	<i>Heim, B.</i>	126
Deutsches Raketen- und Raumfahrt-Museum e.V.		<i>Heinkel, Ernst</i>	21
	22, 31, U-32, 33, 34, 59	Hermann-Oberth-Medaille	21, 31, 59, 77, 126
Diboran	3	„Hermes“-Rakete	59
Diplomarbeiten über astronautische Probleme	115	<i>Heylandt</i>	86, 88
Drehbeschleunigung, Wirkung	17	<i>Hillermann, J.</i>	126
Drucksinn	45, 46	Hochdruckraketen	69

Höhenrakete, Leistungsdaten	68	Me 163	78
Höhenrekord für Einstufenraketen	26, 43	Meißner-Körperchen	45
Höhenstrahlung, siehe Strahlung, Kosmische		„Mensch und Raketenflug“ (Tagung in Düsseldorf)	59
<i>Hoepfner, H.</i>	64	Merkur, Temperatur	24
Hohlraumtemperatur	76	<i>Merten, R.</i>	21, 126
<i>Hübner, U.</i>	126	Messier-Krater	28
Hydroponik	5	Meteoriten	6
		Meteorwahrscheinlichkeit	29
Impulssatz (bei Raketen)	52	Mikroklima von Pflanzen	26
„Informationsdienst“	21	Mikrometeoriten	6
Institut für Raumfahrt- und Raketenforschung	22, 33, 34	„Mitteilungen“ der GfW	21, 33
Institut, Internationales Astronautisches	1, 34	Molekularströmung, Ausgebildete	85
Internationale Astronautische Föderation, siehe Föderation		Mond	65
		Mondbasis	5, 6
		Mond, Künstlicher, siehe Außenstation	
Jahrbuch der Deutschen Raumfahrtforschung	34	Mondoberfläche	28, 66
Jahreshauptversammlung der GfW, 6.	59, 63, 77, 126	„Mondprojekt“	35, 36, 39
Jahreshauptversammlung der GfW, 7.	126	Mondrakete, Unbemannte	35
Jupiter, Temperatur	24	Mondschiff (nach v. Braun)	39, 41
		Mond, Spezifisches Gewicht	28
<i>Kaiser, Hans K.</i>	31	Mondtunnel	28
<i>Kármán, Th. von</i>	124	Monofokale Ellipsen	103, 104
Keramische Materialien	3	Muskelfibrillen	45
Kleinraketen	82, 83	Muskelsinn	45, 46, 48
Knudsen-Zahl	85		
<i>Kölle, H. Hermann</i>	20, 21, 22, 32, 57, 126	NACA-Raketenmodell	108
Körper, Elastischer — bei Schwerelosigkeit	44	Nationalitätsprinzip	119
Kohlensäure-Antrieb	88	NATIV-Rakete	109
Kongreß, 3. — Internationaler Astronautischer	2, 22, 31, 63, 81	„Natter“	78, 79, 81
Kongreß, 4. — Internationaler Astronautischer	31, 77, U-97, 122	Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart	63
Konstantenspeicher	112	Neptun, Temperatur	24
Konstruktionsgrundsätze von Raketen	68	Nervus plexus	45
<i>Krause, H. G. L.</i>	64, 126	Nettogewicht	52, 53, 55
Kreisbahngeschwindigkeit	99	Nettogrundverhältnis	55, 58
Kunststoffe	4	Neutronen, Nachweis	7
		„Nike“-Rakete	59
Lagesinn	45, 46, 48	„Nullpunkt pflanzlicher Atmung“	25
Landesgruppen der GfW	20	Nutzlastgewicht	53
„Lark“-Rakete	59	Nutzlastverhältnis	53, 69
Lastrakete der GfW	58, 72, 74		
Leben, Eurhythmales	25	<i>Oberth, Hermann</i>	86, 126
Leben, Latentes	24	Österreichische Gesellschaft für Weltraumforschung e.V.	63
Leergewicht	53	Ofen, siehe Brennkammer	
Leistungsgewicht von R-Triebwerken	72	<i>Opel, Fritz von</i>	87
<i>Ley, Willy</i>	86	Otolithen-Apparat	46
Lithium-Aluminiumhydrid	3	Oxydator	3
<i>Loeser, Günter</i>	20, 31, 97, 124		
„Loki“-Rakete	59	Paradoxon, Kosmonautisches	35
Luftrecht	116	Paraffin	90
Luftsystem, Interzelluläres	26	Peenemünde	86
		Phenolharze	4
Mäuse	94	Phobos	65, 67
Machsche Zahl	85	Photosynthese	25
Mars	66	Photosynthese auf Mars	26
Mars, Kreisbahngeschwindigkeit an der Oberfläche	65	Pickering-Krater	28
Marsmonde	65	Pilotenauswahl	U-1
„Marsprojekt“	21, 35, 36, 39	<i>Pirquet, Guido von</i>	35
Mars, Sauerstoff auf	25	Planetenbasen	5
Marsschiff (nach v. Braun)	39	Planeten, Biophile	25
Mars, Temperatur und Leben	24	Planetenflüge	35
Mars-Vegetation	25	Planetochemie	8
Massenverhältnis	53	Polargleichung der Ellipse	99
„Matador“-Rakete	59	Programmierung	113
		Programmsteuerung	113

Prüfstand, siehe Raketenprüfstand		Schwarzer Körper	76
Prüfstandversuche	84	Schweizerische Astronautische Arbeitsgemeinschaft	31, 63, 77
Pulvermetallurgie	4	Schwereelosigkeit	44, 46, 47, 48, 49, 93, 94
Pyrophyten	24	Schwerkraft	17
Quasi-Gravitation	44, 45, 47	Schwerkraftüberlastungskollaps	18
Radialbeschleunigung	17	Science Fiction	36
„RAK 6“	86	Sekretariat der GfW	31
„RAK 7“	89	Selenochemie	8
Raketenauto	86, 88	Senkrechtstart, Bemannter	78
Raketen, Bemannte	78	<i>Shepherd, L. R.</i>	39, 42
Raketenbrennkammer, siehe Brennkammer		<i>Siebert</i>	80
Raketen, Chemische	35	Silikone	4
Raketenentwicklung, Englische	60	Silikonöle	4
Raketengrundgleichung	12, 52, 68	Sinterkeramik	4
„Rakete im Weltraum“ (Ausstellung)	59	Sinus-Bewegung	45
Raketenpiloten	U-1	Skala, Biothermische	24
Raketenprüfstand	82	„Snark“-Rakete	59
„Raketen und Raumfahrt“ (Ausstellung), siehe Ausstellung		Solarkonstante auf Mars	25
„Rascal“-Rakete	59	Sonnenspektrum	59
Raumanzug	50	„Sparrow“-Rakete	59
Raumfahrtforschung	21, 33, 35	<i>Staab, F.</i>	126
Raumfahrtprogramm	124	„Station im Weltraum“	34, 42, 62
Raumfahrzeug	36	Staubflut	67
Raumschiff	5	Staub, Kosmischer	6, 66
Raumschiffbahnen im Schwerfeld Erde-Mond	114	Stefan-Boltzmannsches Strahlungsgesetz	76
Raumstation, siehe Außenstation		<i>Stemmer, Josef</i>	21, 31, 125
Rechenmaschinen	110	Strahlung, Kosmische	7, 66
Rechtsnatur des Weltraumes	116	<i>Strughold, H.</i>	50
Rechtsprobleme	116	Strukturfaktor	53
Reflexe, Myotatische	45	Strukturgewicht	52, 53, 55, 58
Regenerierung von Chemikalien	5	Strukturverhältnis	52, 53, 54, 55, 69, 70, 72, 73, 74
Relaismaschinen	112	Stufenrakete	52, 55, 69
Rettung aus Raumnot	50	Stufenrakete, Dimensionslose Kenngrößen	53
<i>Riedel, Klaus</i>	86	Stufenzahl, Optimale	52, 56, 57, 69
Rochesche Grenze	66, 67	Styrolpolymerisate	4
Röhrenmaschinen	112	Szintillationszähler	7
<i>Roessger, E.</i>	64	Temperaturabfall durch Strahlung	77
<i>Rosen, Milton W.</i>	37, 42, 123	Temperaturbereich für Lebensmöglichkeiten	24
Rot-Sehen	17	„Terrier“-Rakete	59
<i>Ryan, C.</i>	34, 42, 64	Thallophyten	26
Sacculus	45, 46, 48	<i>Thüring, B.</i>	126
<i>Sänger-Bredt, Irene</i>	20, 124	Tierversuche	93
<i>Sänger, Eugen</i>	20, 35, 125	Titan	3
<i>Sander, Fr. W.</i>	87	Totgewicht	70
Satellit	65	Trabant	65
Satellitenrakete	36, 37, 39, 42	Tragschlepp	79
Satellitenrakete der GfW	10	Treibstoffe für Raketen	3, 42, 82, 87, 90
Satellitenrakete, Entwicklungsprogramm	39	Treibstoffgewicht	53
Satellitenrakete, Unbemannte	42	Treibstoffverhältnis	53, 69, 73
Satellit, Künstlicher, siehe Außenstation		Triebwerksdaten von Raketen	68
Saturnring	66	Triebwerksgewicht	12, 70, 72, 73
Saturn, Temperatur	24	Tunnel auf dem Mond	28
Sauerstoffbedarf des Menschen	5	Uranus, Temperatur	24
Sauerstoffdruck, Minimaler — für Menschen	25	Utriculus	45, 46, 48
Sauerstoffkonzentration für Menschen	25	„V 2“, siehe „A 4“-Rakete	
<i>Schaub, Werner</i>	20, 21	<i>Valier, Max</i>	86, 87, 88, 89
<i>Schley, H.</i>	126	Vater-Pacini-Körperchen	45
Schmidding-Raketen	78	Venus, Temperatur und Leben	24
Schub	73	„Verein für Raumschiffahrt“	20
Schutzanzug für große Höhen	50, 51	„Veronika“-Rakete	23
<i>Schütte, Karl</i>	21, 31, 34, 64, 123, 126	Versuchsstation in Australien	59

Vestibular-Apparat	45, 48	Weltraum, Rechtsnatur	116
„Viking“-Rakete	27, 37, 39, 40, 43	Weltraumstation, siehe Außenstation	
Vinylharze	4	Weltraumstrahlung, siehe Strahlung, Kosmische	
Vorhofbogengang-Apparat	45	Wetterraketen	82
Vorstand der GfW	31, 64	White Sands Proving Grounds	37, 91
Vorstandsrat der GfW	21	Widerstandsbeiwert	85
		<i>Winkler, Johannes</i>	20
„WAC Corporal“	39		
Wärmeabstrahlung	75, 76	<i>Zborowski, Helmut von</i>	9
Wärmekraftmaschinen	75, 76	Zellenfaktor	52
Wahrnehmungsstörungen	18	Zellengewicht	70, 71
Weber-Fechnersches Gesetz	49, 50	Zentrifugalversuche	17
Weltraum, Beherrschung	117	Zirkon	3
„Weltraumfahrt“	21, 33	<i>Zuse, Konrad</i>	110
Weltraumfahrt, Entwicklungsprogramm	42	Zwei-Stunden-Bahn	69
Weltraumrecht	116		

(Erläuterung: U-32 ist die Umschlagseite gegenüber Heftseite 32.)